

INDICE

PREMESSA.....	pag.1
1. STUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	pag.1
2. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E UBICAZIONE PROVE.....	pag.2
3. GEOMETRIA DELLO STENDIMENTO.....	pag.16
3.1 STENDIMENTI SISMICI MASW.....	pag.16
3.2 STENDIMENTI DI SISMICA A RIFRAZIONE.....	pag.16
3.3 INDAGINI DOWN HOLE.....	pag.17
4. INDAGINI MASW: METODOLOGIA.....	pag.17
5. INDAGINI DI SISMICA A RIFRAZIONE: METODOLOGIA.....	pag.18
6. INDAGINI DOWN HOLE: METODOLOGIA.....	pag.19
7. INTERPRETAZIONE E RISULTATI.....	pag.20
7.1 INDAGINI SISMICHE MASW.....	pag.20
7.1.1 ELABORATI PROVE MASW.....	pag.22
7.2 STENDIMENTO DI SISMICA A RIFRAZIONE.....	pag.34
7.2.1 ELABORATI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE.....	pag.36
7.2.2 MODULI ELASTICI DINAMICI.....	pag.51
7.3 INDAGINI DOWN HOLE.....	pag.52
7.3.1 ELABORATI DELL'INDAGINE DOWN HOLE.....	pag.59
7.3.2 MODULI ELASTICI DINAMICI.....	pag.64

PREMESSA

La **ADEST** ha dato incaricato agli scriventi di eseguire un piano di indagini geofisiche per valutare la categoria del terreno di fondazione per la realizzazione di un parco eolico secondo le N.T.C. D.M. 14/01/08 e per la ricostruzione del modello sismostratigrafico del sottosuolo. Il parco eolico sarà costituito da 21 aerogeneratori e sarà ubicato nel Comune di Tricarico. Le indagini svolte consistono in 4 stendimenti sismici MASW lunghi 57 m, 4 stendimenti di sismica a rifrazione lunghi 100 m e 5 down hole spinti fino a 30 m.

Le prove sono state svolte tra i mesi di febbraio e maggio 2011 e l'ubicazione dei sondaggi sono state riportata nella tavola A.16.a.7 allegata al progetto di realizzazione del parco eolico.

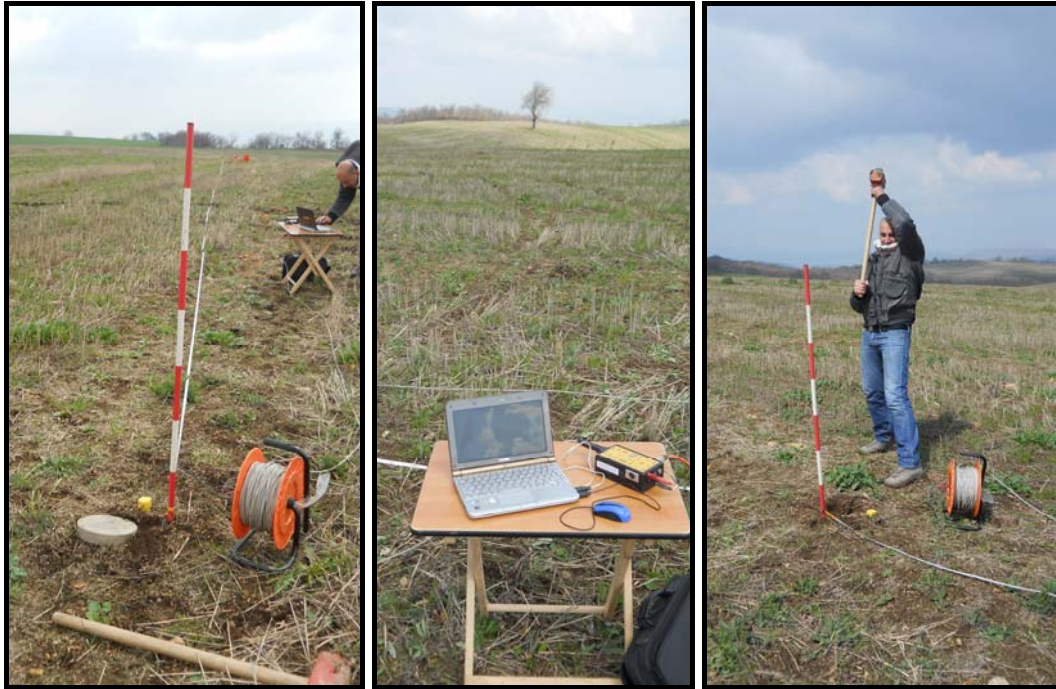
1. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata sono costituite da:

- sistema di energizzazione delle onde P: costituito da due mazze del peso 10 kg e 4 kg battenti su una piastra metallica del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c.; tale sistema genera prevalentemente onde di tipo P ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionabili;
- sistema di energizzazione delle onde S: costituito da due mazze del peso 10 kg e 4 kg battenti su una traversa di legno posta direttamente sul p.c.; tale sistema genera prevalentemente onde di tipo S;
- un sistema di trigger: consiste in un geofono indipendente posto a fianco della piastra di battuta, che da il segnale di start al sismografo;
- un sistema di ricezione per stendimenti sismici: costituito da 16 geofoni verticali con frequenza propria a 4,5 Hz, collegati a 16 canali dotati di memoria e convertitori a/d in grado di digitalizzare il segnale già in corrispondenza del cavo (sismografo Do.Re.Mi della Sara); i canali a sua volta sono collegati ad un'unità di testa collegata ad un personal computer portatile.
- un sistema di ricezione per down hole: costituito da un geofono da pozzo 3D dell'Ambrogeo collegato a 3 canali dotati di memoria e convertitori a/d in grado di digitalizzare il segnale già in corrispondenza del cavo (sismografo Do.Re.Mi della

Sara); i canali a sua volta sono collegati ad un'unità di testa collegata ad un personal computer portatile.

2. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E UBICAZIONE PROVE



Documentazione fotografica relativa alle prove MASW M1 e a rifrazione R1



Documentazione fotografica relativa alle prove MASW M2 e a rifrazione R2



Documentazione fotografica relativa alle prove MASW M3 e a rifrazione R3



Documentazione fotografica relativa alle prove MASW M4 e a rifrazione R4



Documentazione fotografica relativa alle prove down hole DH1



Documentazione fotografica relativa alle prove down hole DH2



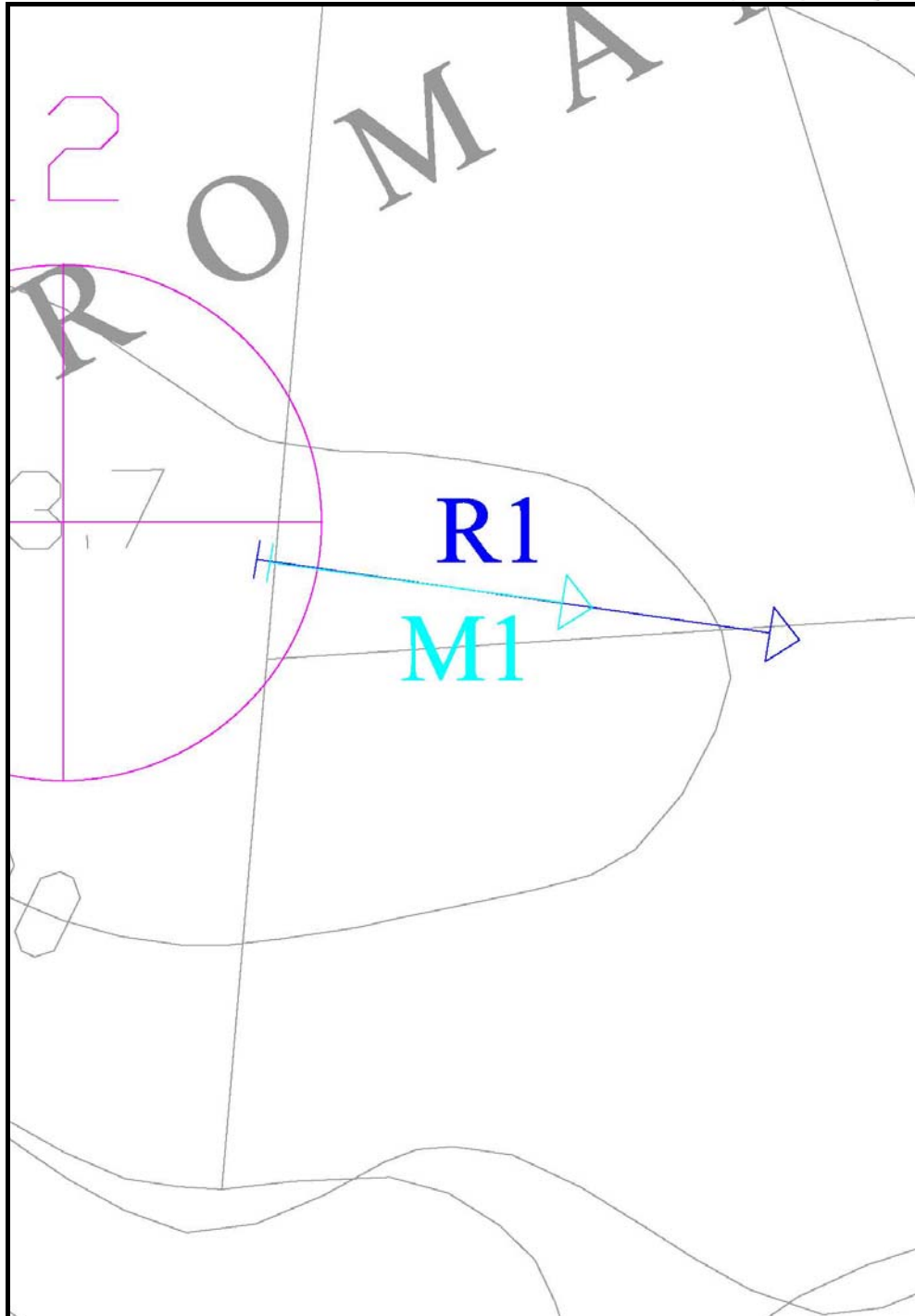
Documentazione fotografica relativa alle prove down hole DH3



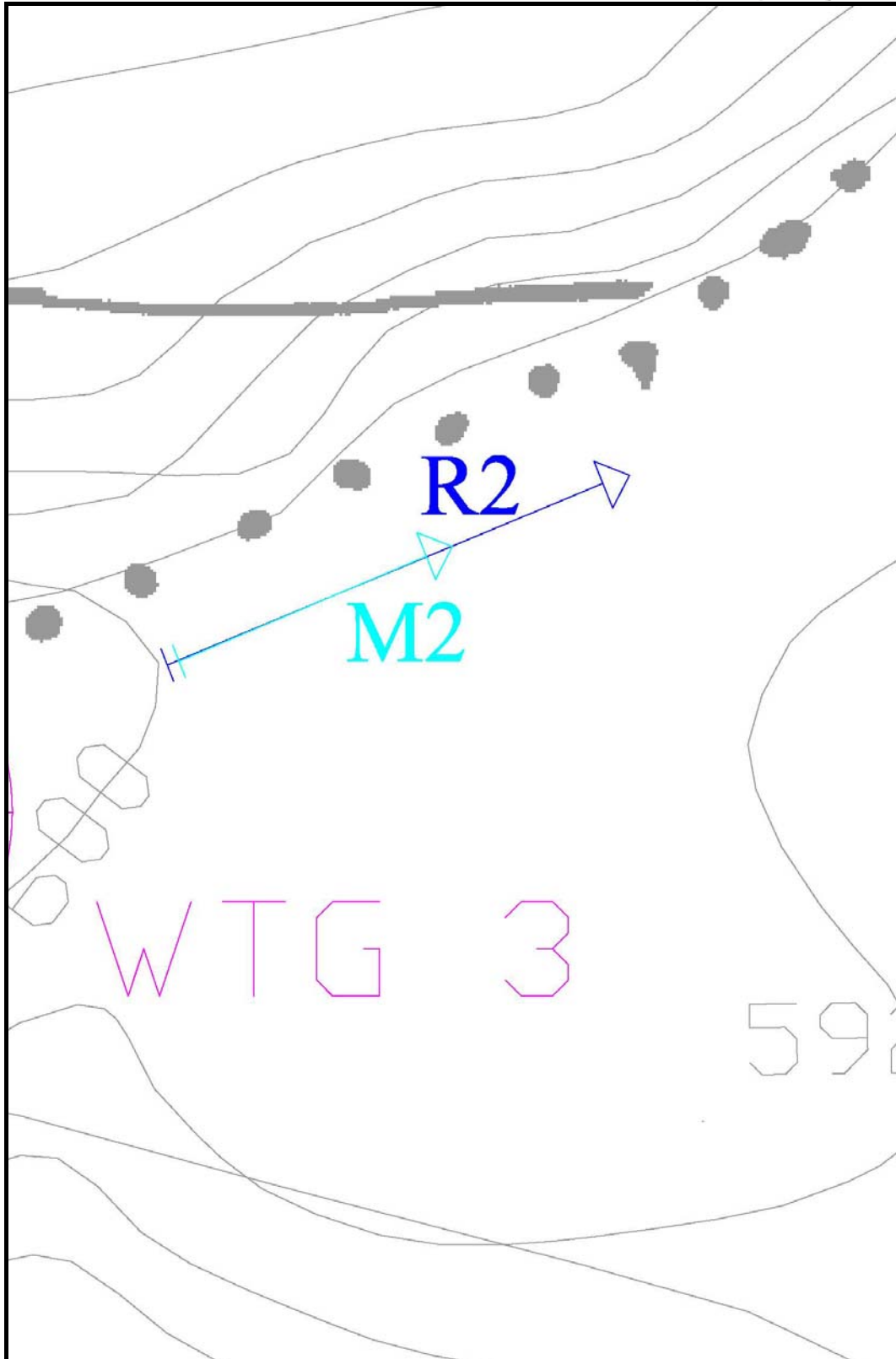
Documentazione fotografica relativa alle prove down hole DH4



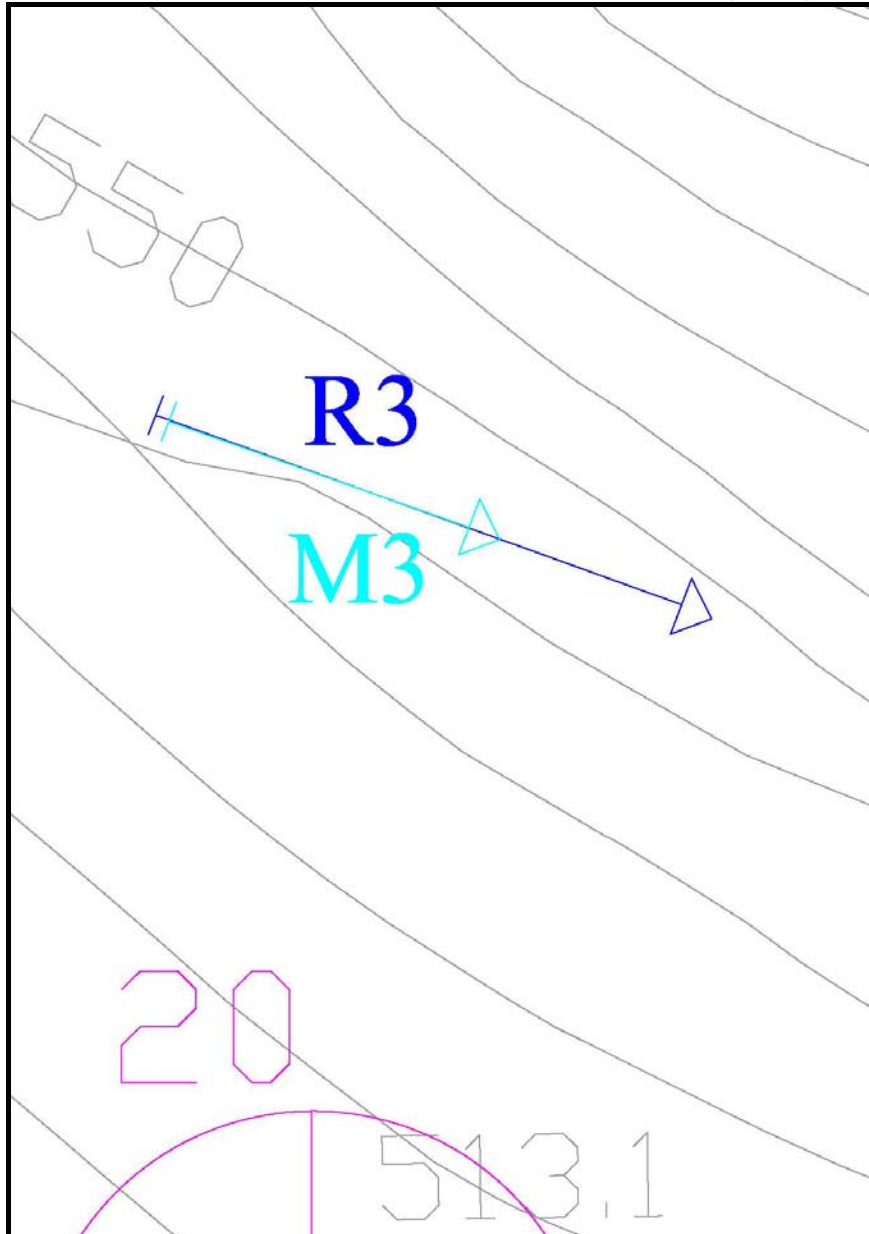
Documentazione fotografica relativa alle prove down hole DH5



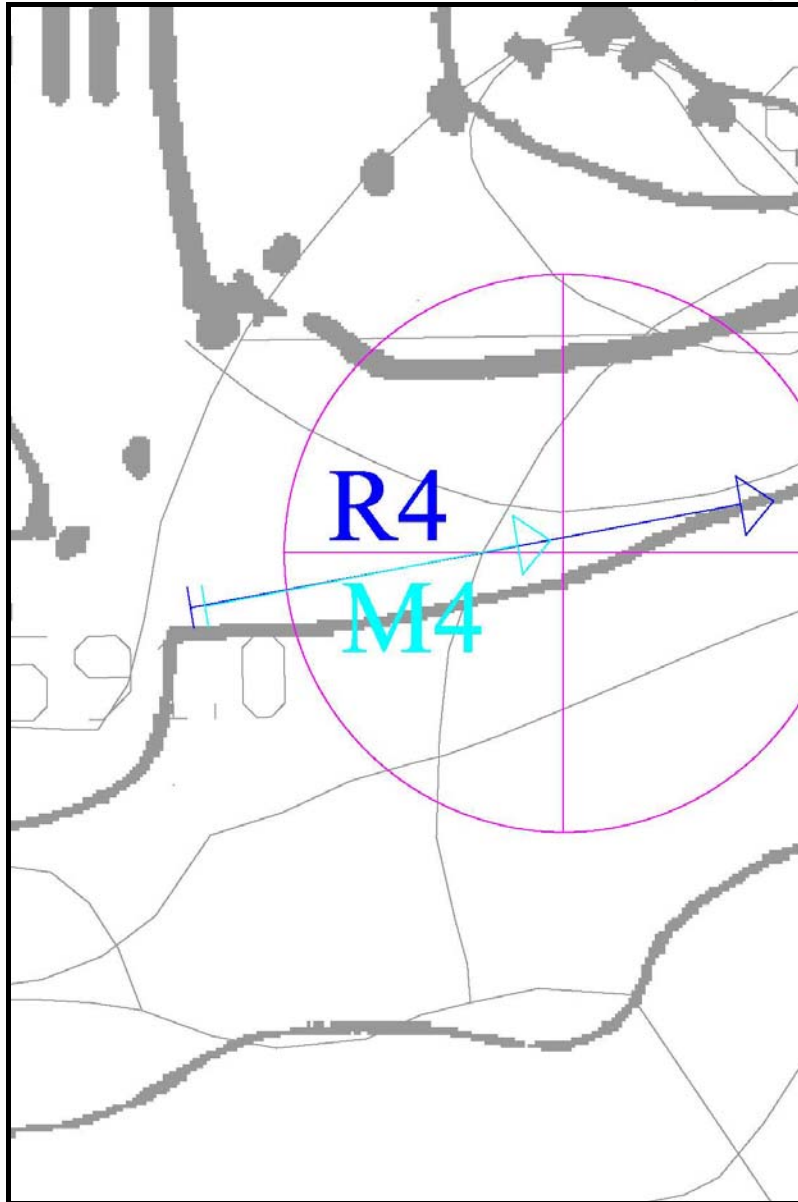
Ubicazione prove M1 e R1 (scala 1:1.000)



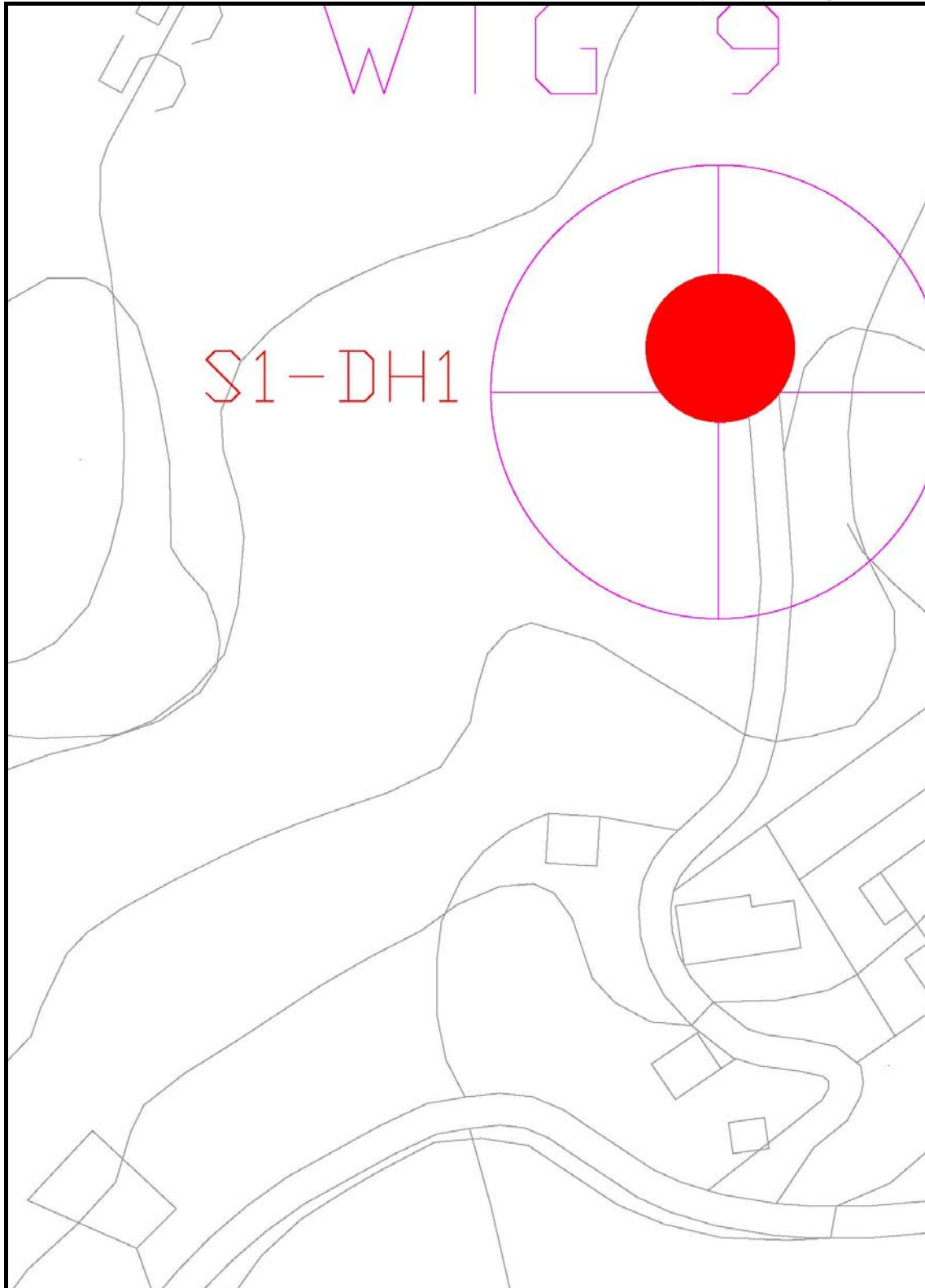
Ubicazione prove M2 e R2 (scala 1:1.000)



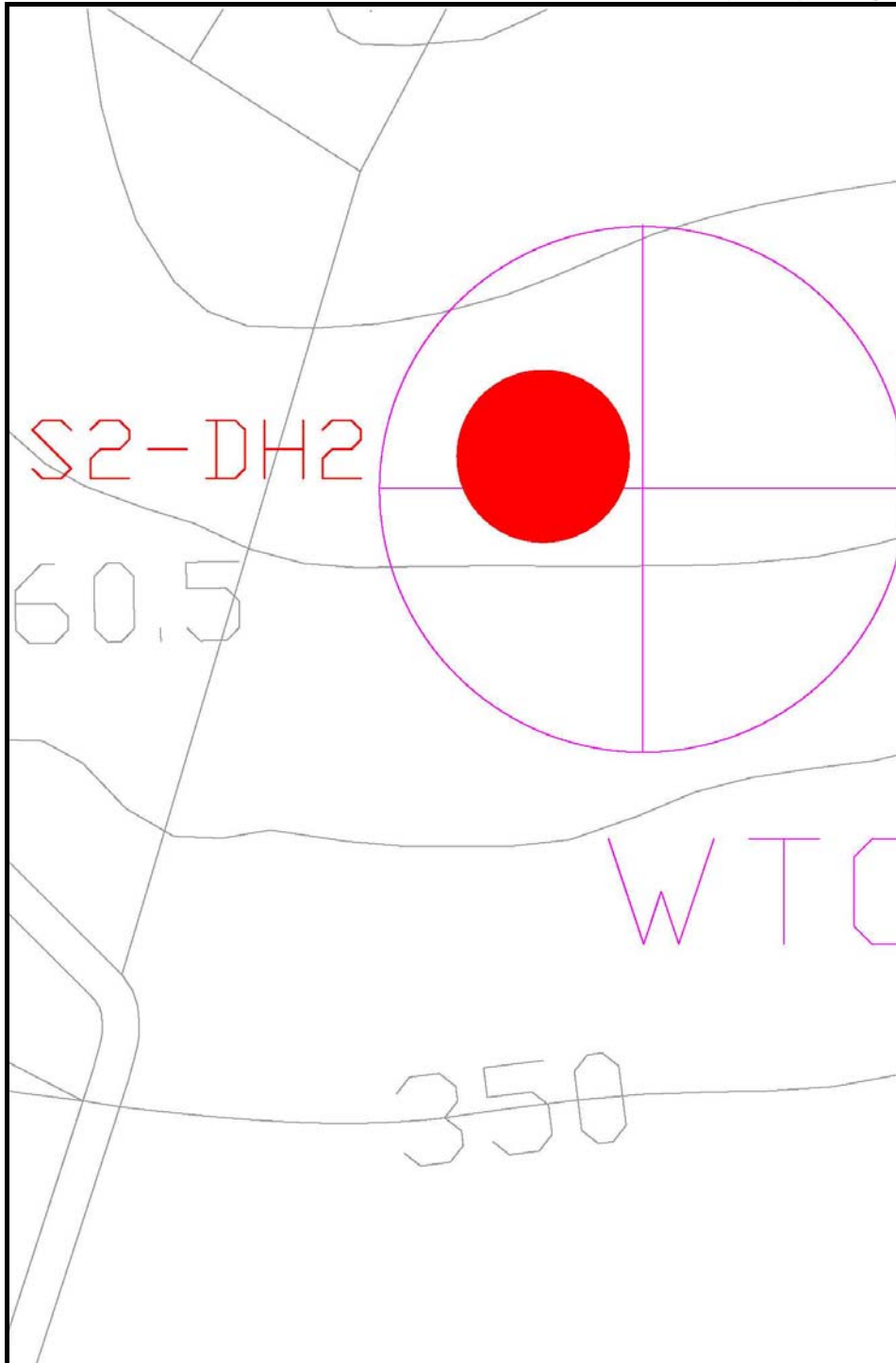
Ubicazione prove M3 e R3 (scala 1:1.000)



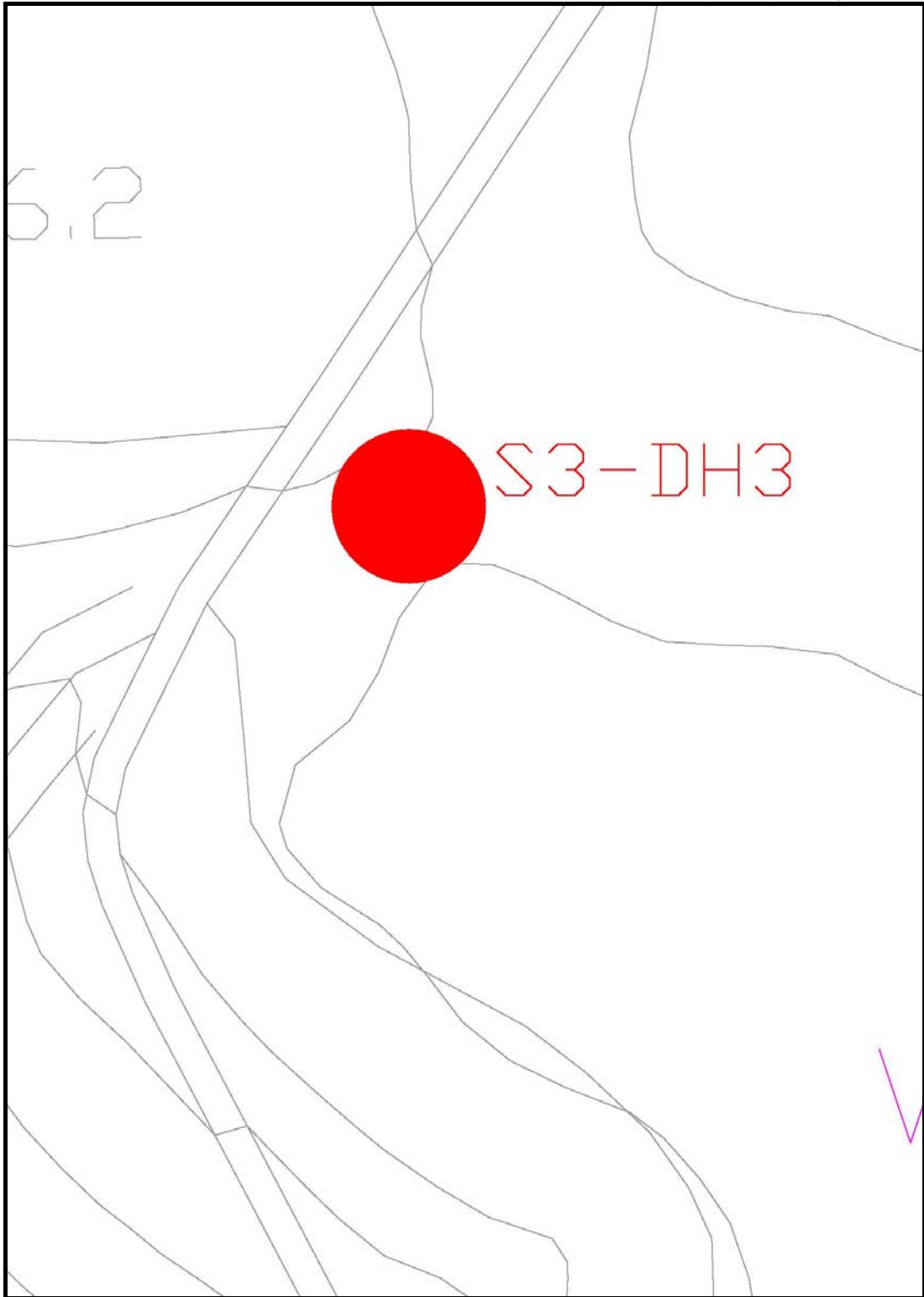
Ubicazione prove M4 e R4 (scala 1:1.000)



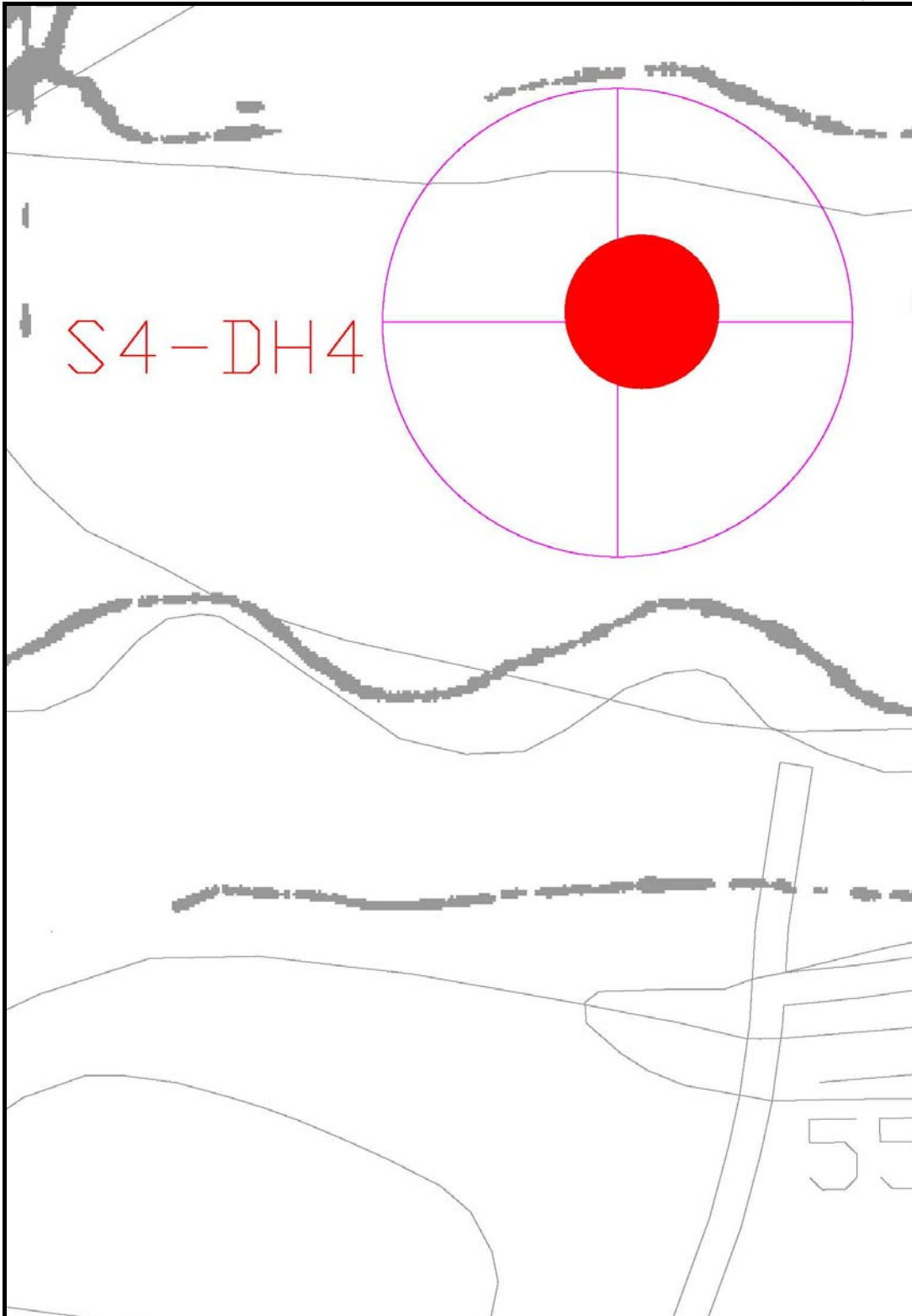
Ubicazione prova DH1 (scala 1:1.000)



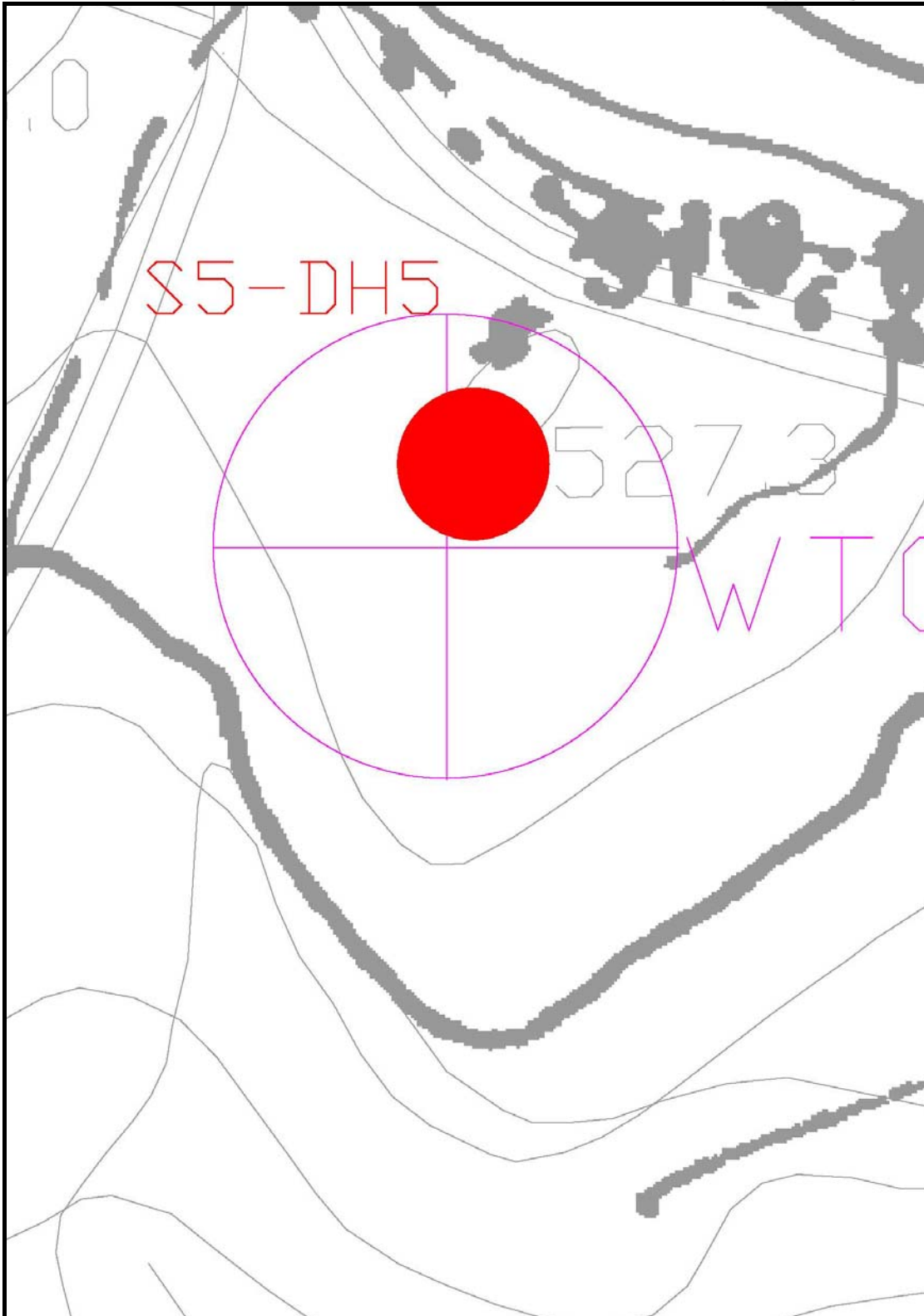
Ubicazione prova DH2 (scala 1:1.000)



Ubicazione prova DH3 (scala 1:1.000)



Ubicazione prova DH4 (scala 1:1.000)



Ubicazione prova DH5 (scala 1:1.000)

3. GEOMETRIA DELLO STENDIMENTO SISMICO

3.1 STENDIMENTI SISMICI MASW

I geofoni sono stati disposti lungo uno stendimento lineare con una distanza intergeofonica di 3 m (fig. 1). Due energizzazioni sono state fatte a 4,5 metri dal primo e dall'ultimo geofono, seguite da altre due energizzazioni a 1,5 m dalle precedenti (metà distanza intergeofonica). Con questo *array* dei geofoni è stato possibile combinare le tracce sismiche delle prime energizzazioni con quelle delle seconde, in modo tale da creare uno stendimento di 32 tracce sismiche (fig. 1). Lo stendimento sismico, in conclusione, è lungo 57 m con ricevitori posti ogni 1,5 m. Nello stendimento M3 i geofoni sono 15 e la lunghezza totale è di 54 m.

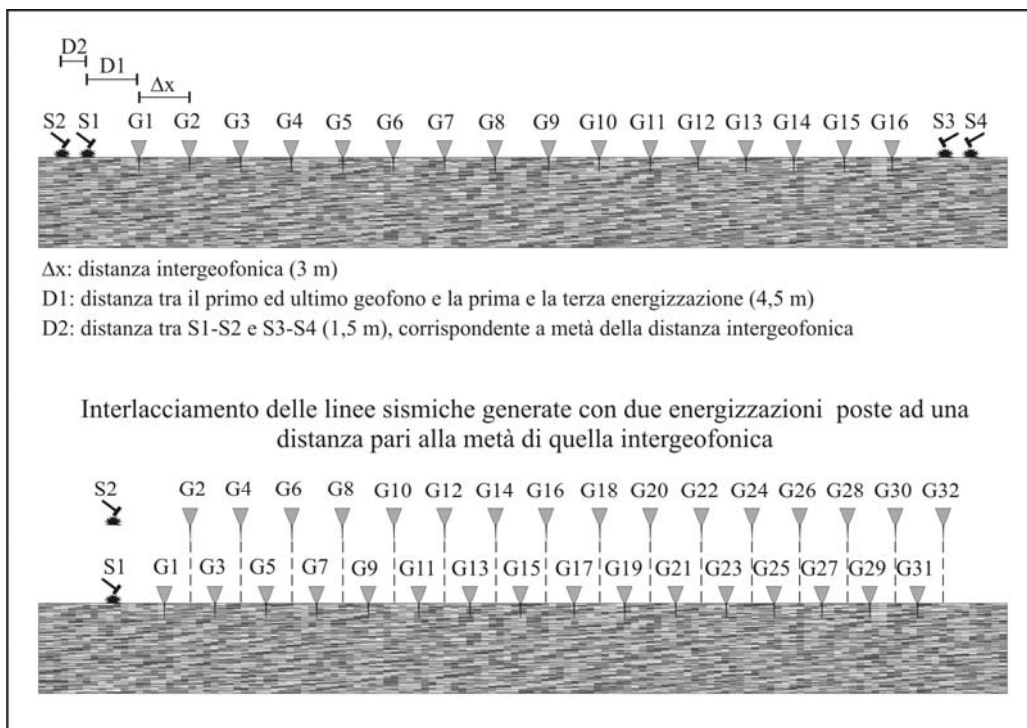


Fig. 1 – Disposizione geometrica dello stendimento di sismica MASW.

3.2 STENDIMENTI DI SISMICI A RIFRAZIONE

Tre stendimenti di sismica a rifrazione sono stati eseguiti lungo lo stesso allineamento delle prove MASW.

I geofoni sono stati disposti lungo uno stendimento lineare con una distanza intergeofonica di 5 m (fig. 2). Due energizzazioni sono state fatte a 13 m dal primo geofono e dall'ultimo geofono; altre due energizzazioni sono state fatte tra il terzo e il quarto geofono e tra il tredicesimo e il quattordicesimo geofono, infine una quinta energizzazione è stata

fatta al centro dello stendimento. Nello stendimento R3 i geofoni sono 15 e il primo e l'ultimo scoppio sono stati fatti a 15 m rispettivamente dal primo e dall'ultimo geofono.

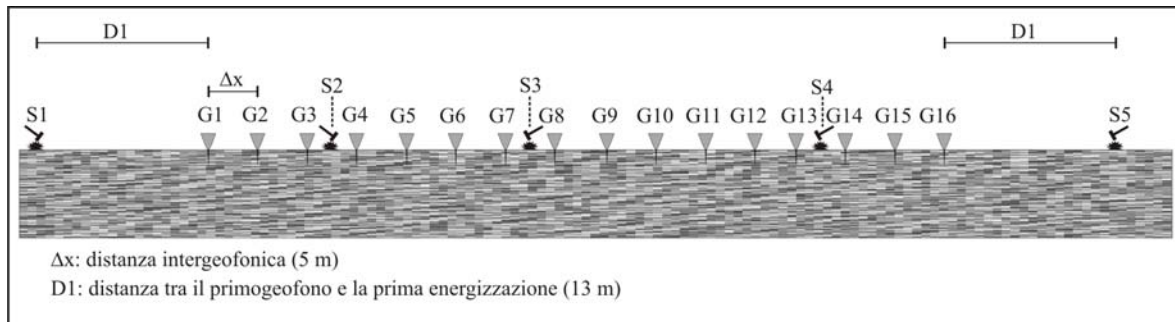


Fig. 2 –disposizione geometrica dello stendimento di sismica a rifrazione R1.

3.2 INDAGINI DOWN HOLE

Tre prove down hole sono state svolte all'interno di pozzi condizionati con tubi in pvc. La prova è stata svolta generando onde P e S e con rilevazioni fatte ogni 2 m. La prova denominata DH1 è stata eseguita nello foro del sondaggio S1, quella DH2 nel foro del sondaggio S2 e quella DH3 nel foro del sondaggio S3.

4. INDAGINI MASW: METODOLOGIA

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), proposta da Park et al. (1999), è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo delle onde Vs, sulla base della misura delle onde superficiali registrate dai diversi geofoni posti sul p.c.; nel caso specifico sono state rilevate le onde superficiali di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. Nel caso in cui si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa con onde di Rayleigh. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più

profondi del suolo (fig. 3). Proprio la proprietà dispersiva delle onde di volume consente di ricostruire il profilo verticale di velocità delle onde di taglio Vs. L'analisi spettrale del segnale registrato consente di produrre un grafico Frequenza/Velocità di Fase. Da questo grafico, per inversione, si ottiene il profilo verticale delle Vs.

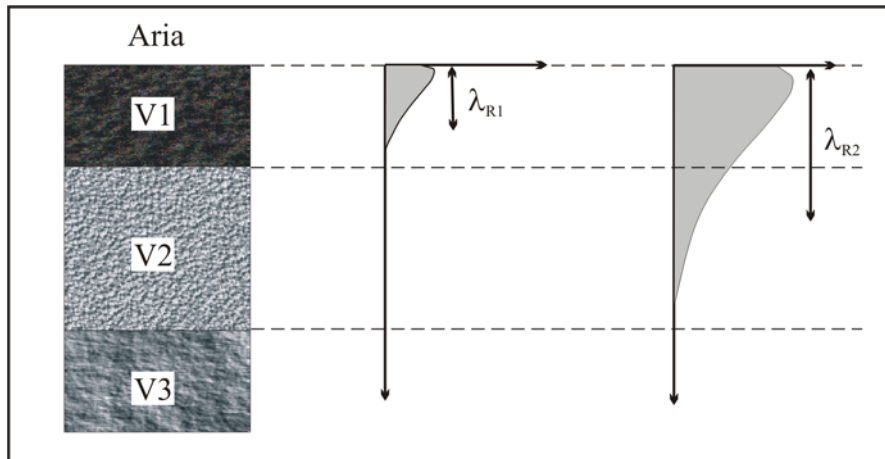


Fig. 3 - La profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende dalla lunghezza d'onda (λ_R), dalla velocità delle onde di taglio Vs e dalla frequenza.

5. INDAGINI DI SISMICA A RIFRAZIONE: METODOLOGIA

La tecnica di sismica a rifrazione utilizzata si basa sulla rilevazione delle onde dirette e rifratte, che tra i diversi tipi di onde registrate dai geofoni sono le prime ad arrivare. La tecnica, ormai consolidata, si basa sull'individuazione dei primi arrivi sulle tracce sismiche, in modo tale da ricostruire la dromocrona nel piano spazio-tempo delle onde dirette e rifratte (fig. 4). Le rotture di pendenza (punti di ginocchio) della dromocrona delle onde dirette e rifratte evidenziano la presenza di una superficie di separazione tra due strati aventi differente velocità di propagazione; in particolare, la velocità dello strato inferiore deve essere maggiore di quella dello strato superiore.

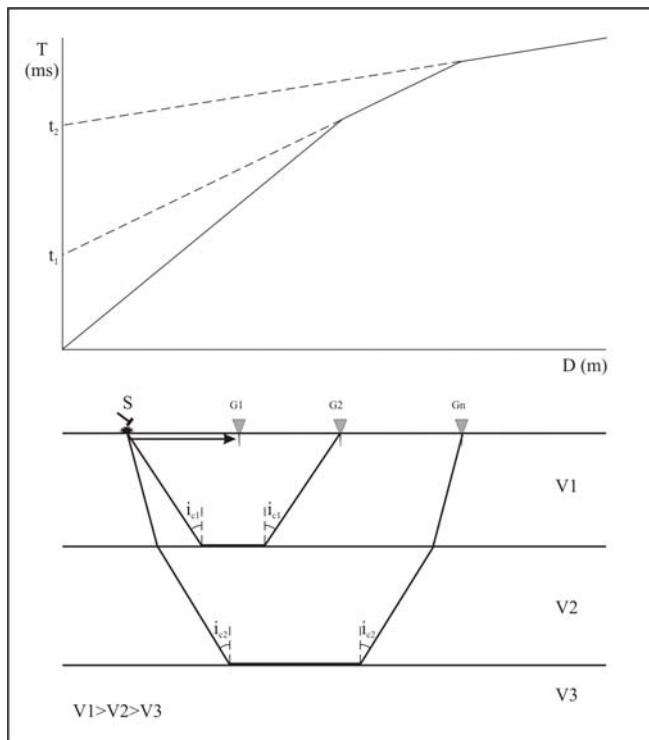


Fig. 4 – schema mostrante i percorsi delle onde dirette e rifratte e le relative dromocrone.

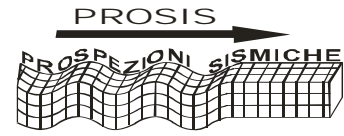
I raggi sismici che arrivano ai geofoni più vicini al punto di energizzazione sono quelli che hanno viaggiato orizzontalmente nello strato più superficiale; mentre i raggi che incontrano la superficie di separazione tra lo strato superficiale ed uno inferiore con velocità di propagazione superiore verranno riflessi e rifratti nel punto in cui l'angolo di incidenza con la normale alla superficie è pari all'angolo limite i_c ; il raggio incidente verrà rifratto a 90° secondo la legge di Snell: $\text{sen } i_c = V_1/V_2$.

Il raggio rifratto viaggia lungo la superficie di discontinuità e rifrange continuamente verso l'alto energia elastica che ritorna in superficie. Nel caso in cui vi sono più di due sismostrati la dromocrona sarà caratterizzata da altri punti di ginocchio oltre a quello che separa le onde dirette da quelle rifratte (fig. 4).

6. INDAGINE DOWN HOLE: METODOLOGIA

La tecnica down hole si basa sulla misura del tempo di percorrenza delle onde P ed S nel tragitto tra la sorgente sismica, situata in superficie, e i ricevitori posti all'interno di un foro di sondaggio.

L'identificazione del primo arrivo delle onde P viene fatto nello stesso modo con cui si procede nella sismica a rifrazione, avendo generalmente tali onde un'energia superiore rispetto al rumore di fondo. Per quanto concerne le onde S la rilevazione del primo arrivo risulta più difficoltoso essendo più lente e spesso si sovrappongono alle onde P riflesse che hanno ampiezza confrontabile con le onde S. Per ovviare a questo problema si è ricorso alla tecnica dell'inversione di fase, che consiste nella generazione di onde di taglio polarizza-



te di 180° in un piano orizzontale. Da un punto di vista pratico si è proceduto generando due energizzazioni battendo la traversina di legno ai due diversi estremi. Successivamente i due sismogrammi generati sono stati sovrapposti, in modo tale da mettere in evidenza le onde S che risulteranno opposte nel medesimo istante.

7. INTERPRETAZIONE E RISULTATI

7.1. INDAGINI SISMICHE MASW

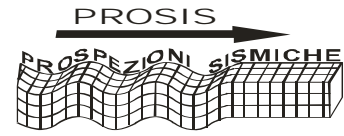
Tra le diverse registrazioni dell'indagine geosismica MASW M1 è stata individuata quella con il migliore rapporto segnale/rumore (S/N), che successivamente è stata elaborata ed interpretata. Il sismogramma sperimentale relativo ai profili M2, M3 e M4 corrisponde all'interlacciamento delle prime due energizzazioni (dirette), mentre quello relativo allo stendimento M1 corrisponde all'interlacciamento delle ultime due energizzazioni (coniugate). Queste tracce sono state elaborate ed interpretate utilizzando un software della Program Geo (GeoMASW 1.6). Ottenuti i grafici f/k (frequenza/numero d'onda) in 3D e 2D si è proceduto alla selezione dei punti di massima intensità del segnale (*picking*); tale operazione ha consentito di ottenere la curva di dispersione, dalla cui inversione si è giunti al profilo verticale delle Vs.

Il processo di inversione della curva di dispersione può portare a più di una soluzione e quindi a più di una sequenza sismostratigrafica, ma la velocità media ponderale calcolata fino a 30 m di profondità non si discosta in modo significativo. Pertanto, il valore di V_{s30} ottenuto è da considerarsi attendibile e valido, mentre la sequenza sismostratigrafica desunta risulta essere più variabile. Nel modulo riassuntivo sono riportate le sequenze sismostratigrafiche ottenute dal processo di elaborazione.

Per la stima del valore di V_{s30} è stata adottata la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

dove: $V_{S,i}$ è la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato
 h_i è lo spessore dell'i-esimo strato
 M numero di strati compresi nei primi 30 m



Per lo stendimento **M1** è stata calcolata la velocità di propagazione delle onde S entro i primi 30 m; inoltre, tenendo conto degli spessori degli strati è stato possibile valutare la $V_{s30} = 366 \text{ m/s}$ (si veda gli elaborati della prova MASW). Tale dato permette di classificare il terreno di fondazione come **tipo B**.

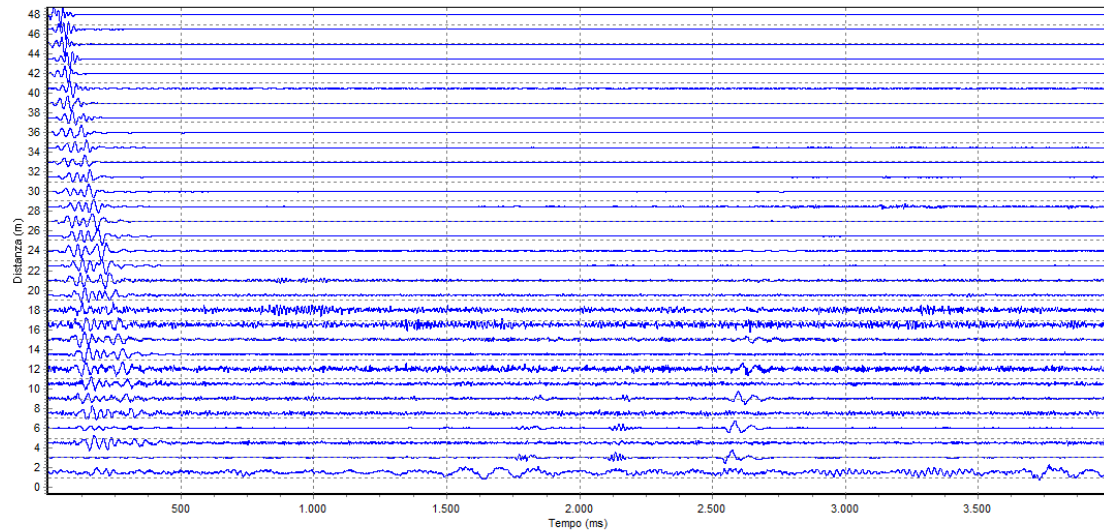
Per lo stendimento **M2** è stata calcolata la velocità di propagazione delle onde S entro i primi 30 m; inoltre, tenendo conto degli spessori degli strati è stato possibile valutare la $V_{s30} = 487 \text{ m/s}$ (si veda gli elaborati della prova MASW). Tale dato permette di classificare il terreno di fondazione come **tipo B**.

Per lo stendimento **M3** è stata calcolata la velocità di propagazione delle onde S entro i primi 30 m; inoltre, tenendo conto degli spessori degli strati è stato possibile valutare la $V_{s30} = 222 \text{ m/s}$ (si veda gli elaborati della prova MASW). Tale dato permette di classificare il terreno di fondazione come **tipo C**.

Per lo stendimento **M4** è stata calcolata la velocità di propagazione delle onde S entro i primi 30 m; inoltre, tenendo conto degli spessori degli strati è stato possibile valutare la $V_{s30} = 284 \text{ m/s}$ (si veda gli elaborati della prova MASW). Tale dato permette di classificare il terreno di fondazione come **tipo C**.

7.1.1. ELABORATI DELLA PROVA MASW

MASW M1



Sismogramma interpretato.

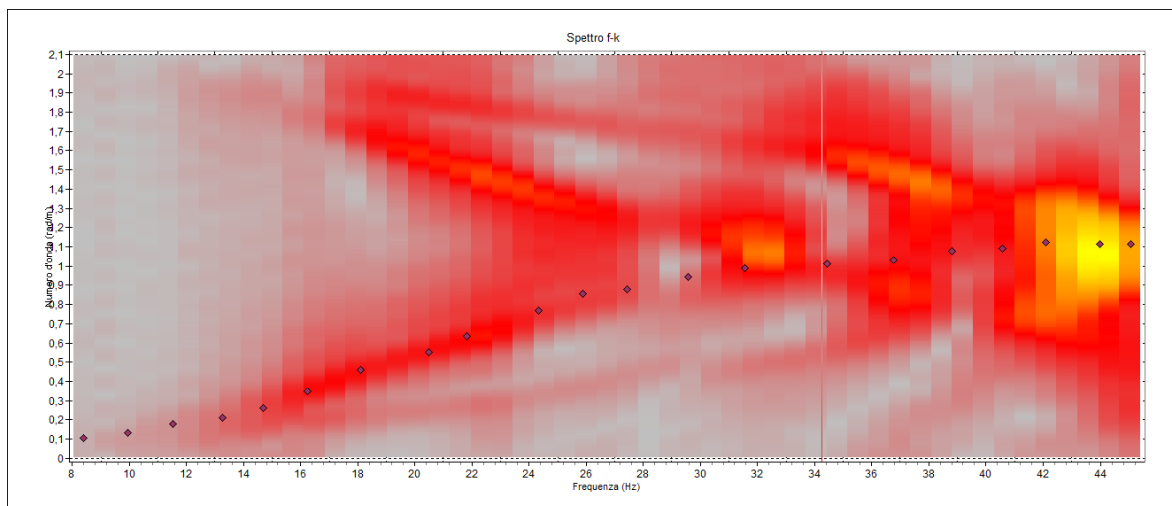
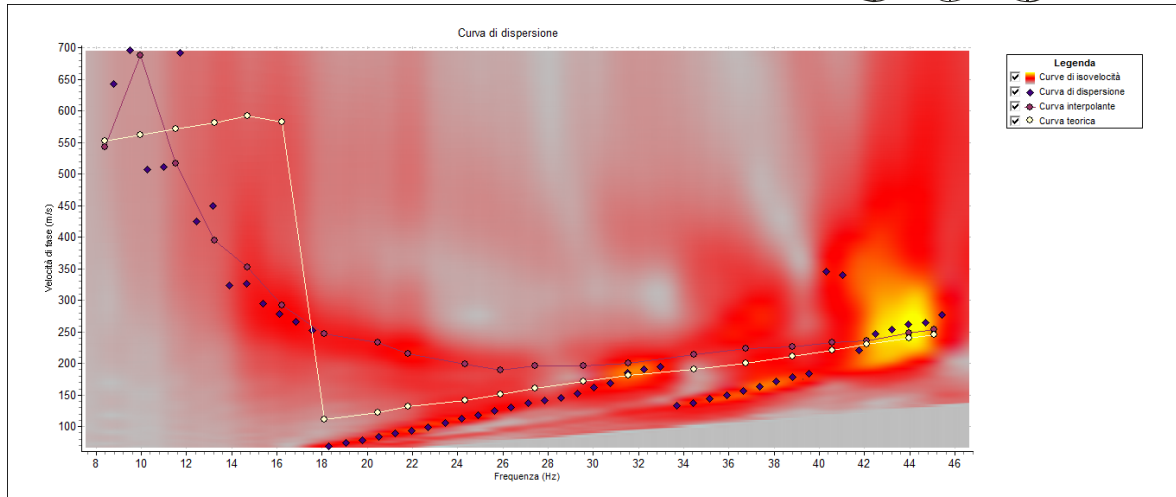


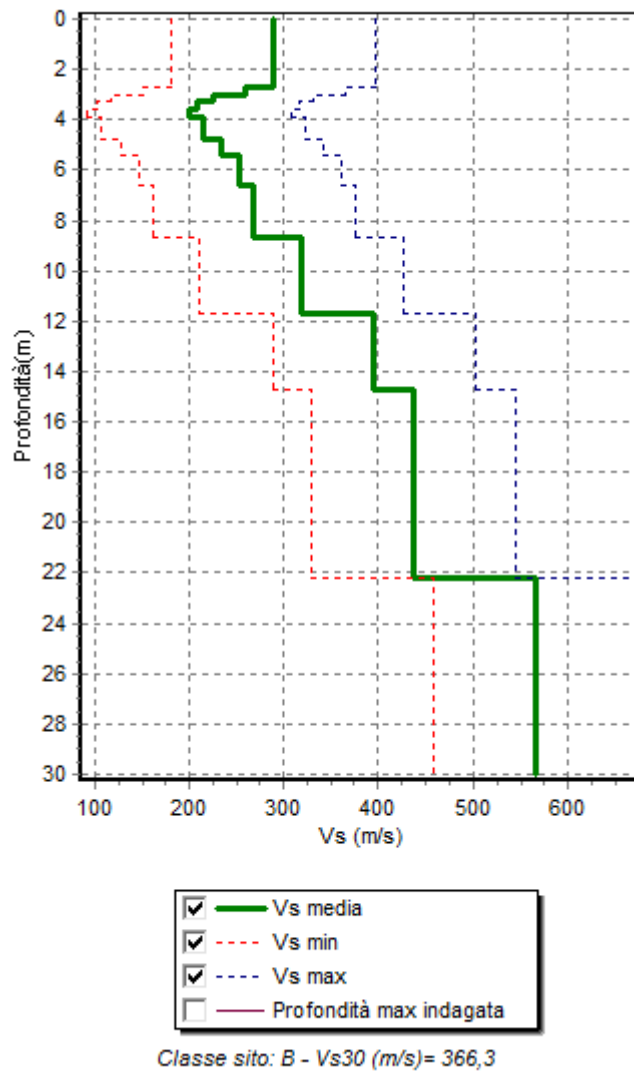
Diagramma frequenza-numero d'onda.



Curva di dispersione.

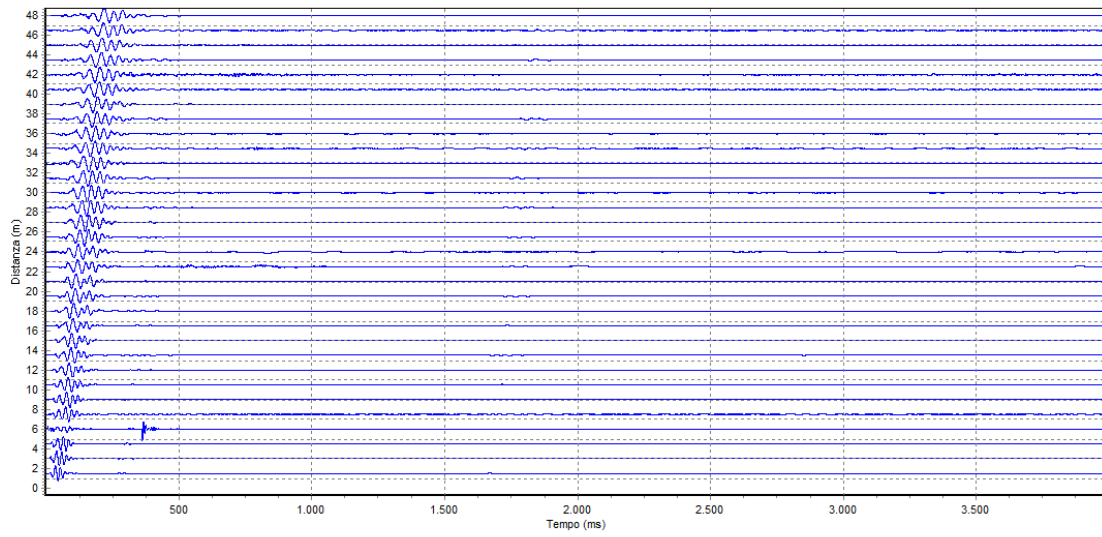
	Prof. (m)	Vs (m/s)
1	2,7	289,0
2	3,0	259,0
3	3,3	225,0
4	3,6	210,0
5	3,9	200,0
6	4,8	215,0
7	5,4	235,0
8	6,6	254,0
9	8,7	269,0
10	11,7	319,0
11	14,7	396,0
12	22,2	438,0
13	30,0	567,0

Valori della velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità.



Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità.

MASW M2



Sismogramma interpretato.

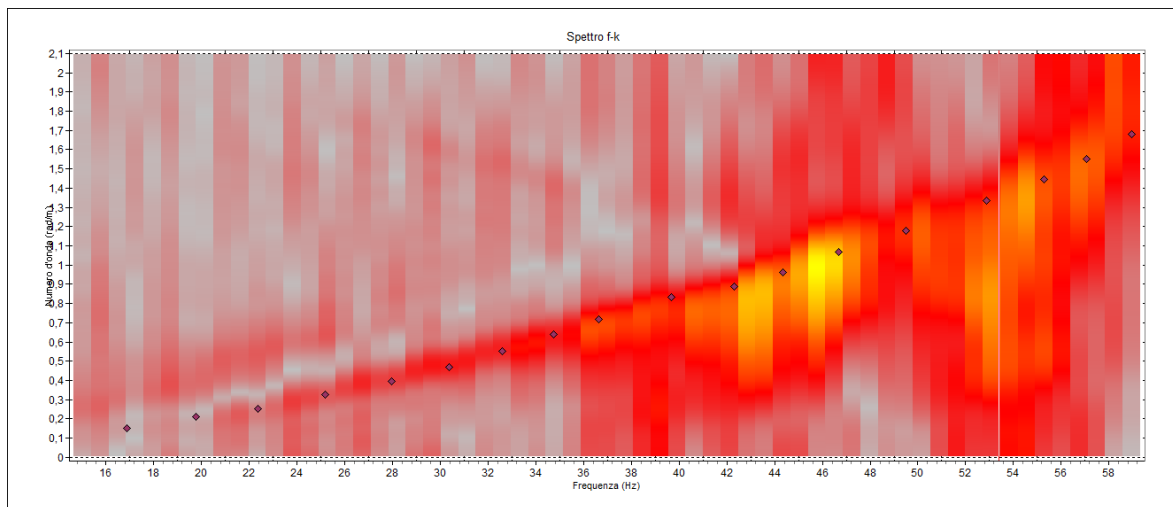
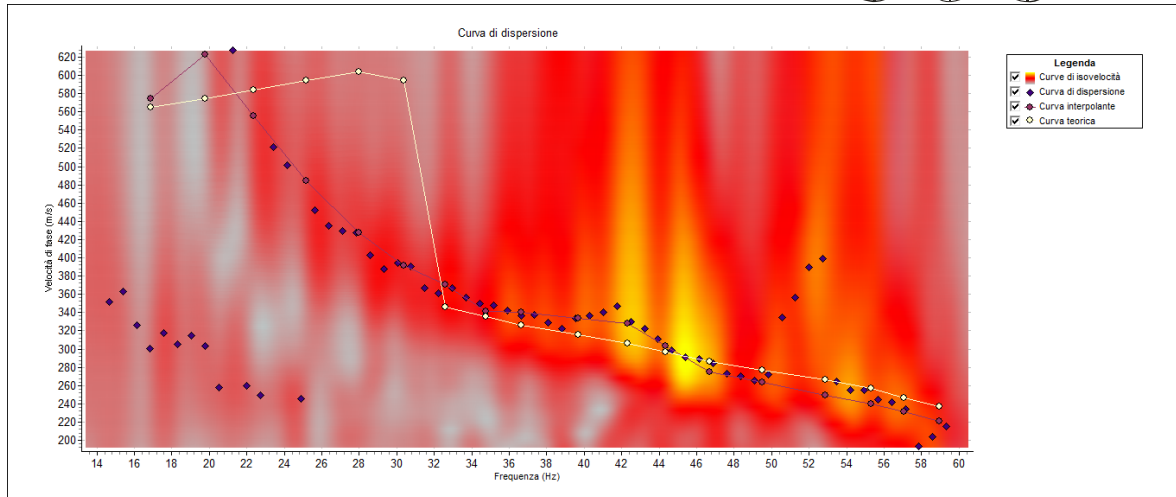


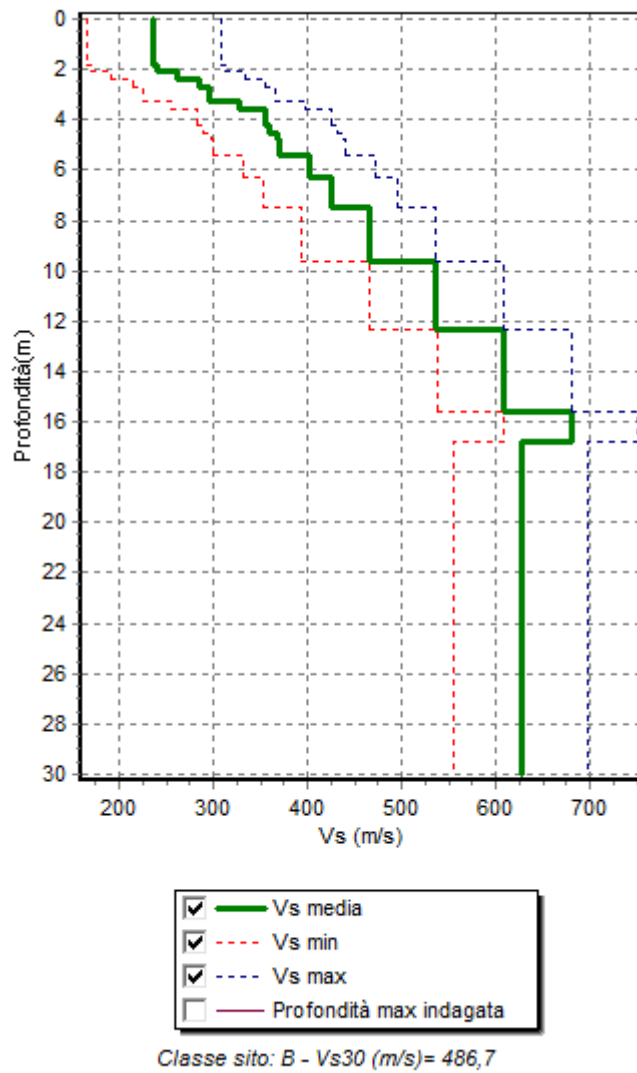
Diagramma frequenza-numero d'onda.



Curva di dispersione.

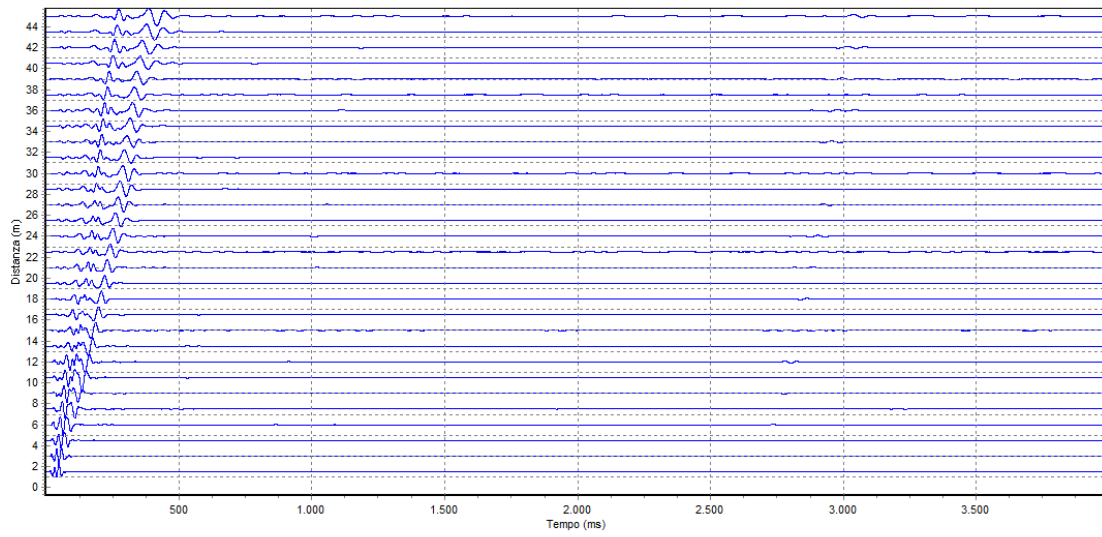
	Prof. (m)	Vs (m/s)
1	1,8	238,0
2	2,1	242,0
3	2,4	263,0
4	2,7	286,0
5	3,3	297,0
6	3,6	328,0
7	4,2	356,0
8	4,5	361,0
9	4,8	369,0
10	5,4	371,0
11	6,3	403,0
12	7,5	426,0
13	9,6	466,0
14	12,3	538,0
15	15,6	610,0
16	16,8	681,0
17	30,0	628,0

Valori della velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità.



Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità.

MASW M3



Sismogramma interpretato.

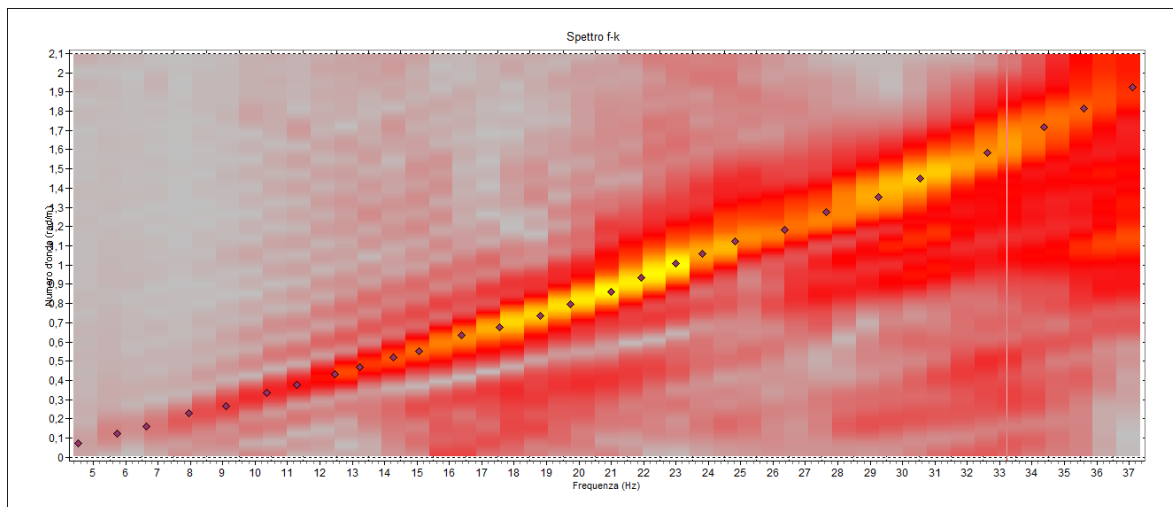
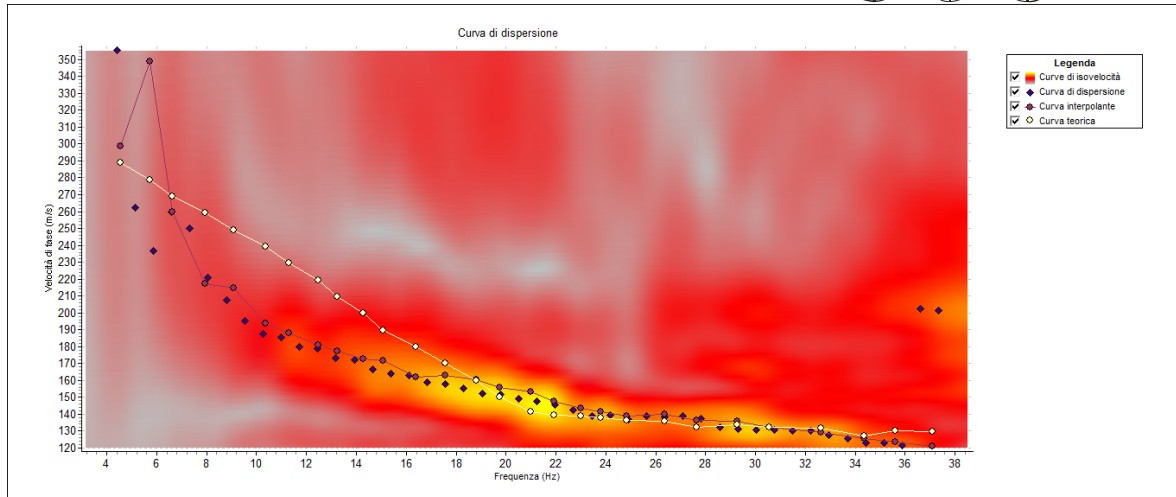


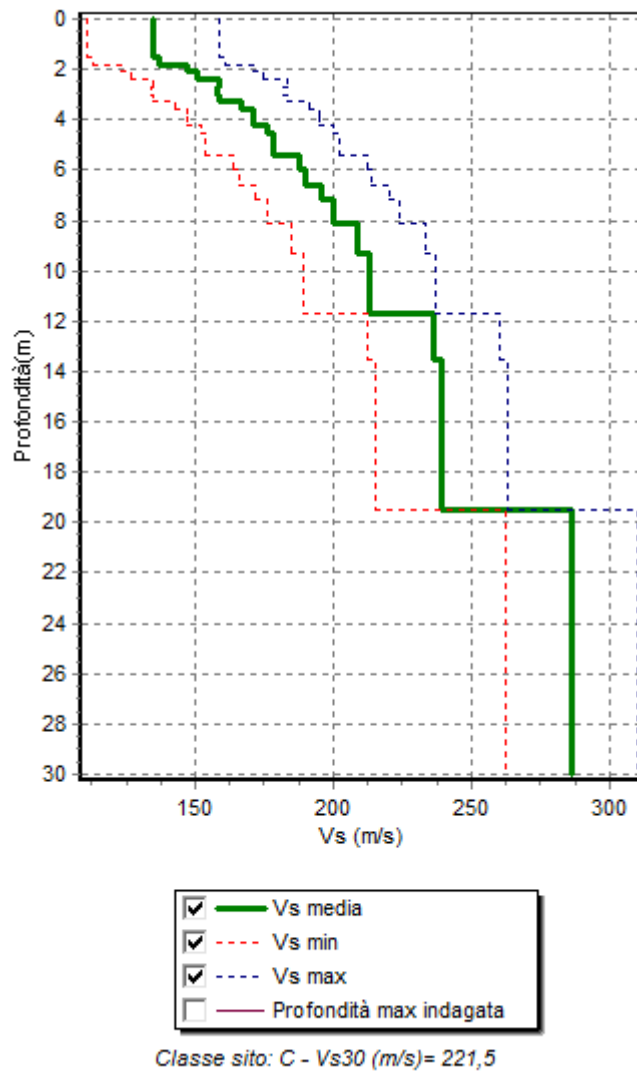
Diagramma frequenza-numero d'onda.



Curva di dispersione.

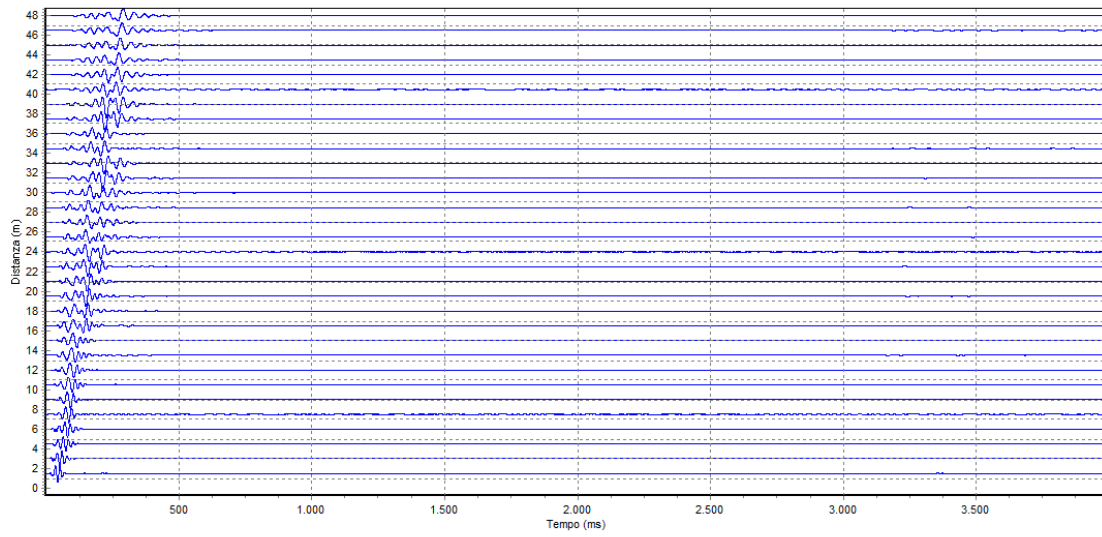
	Prof. (m)	Vs (m/s)
1	1,5	135,0
2	1,8	137,0
3	2,1	147,0
4	2,4	151,0
5	2,7	159,0
6	3,0	158,0
7	3,3	159,0
8	3,6	167,0
9	3,9	171,0
10	4,2	171,0
11	4,5	176,0
12	4,8	178,0
13	5,4	178,0
14	6,0	188,0
15	6,6	190,0
16	7,2	196,0
17	8,1	200,0
18	9,3	209,0
19	11,7	213,0
20	13,5	236,0
21	19,5	239,0
22	30,0	286,0

Valori della velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità.



Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità.

MASW M4



Sismogramma interpretato.

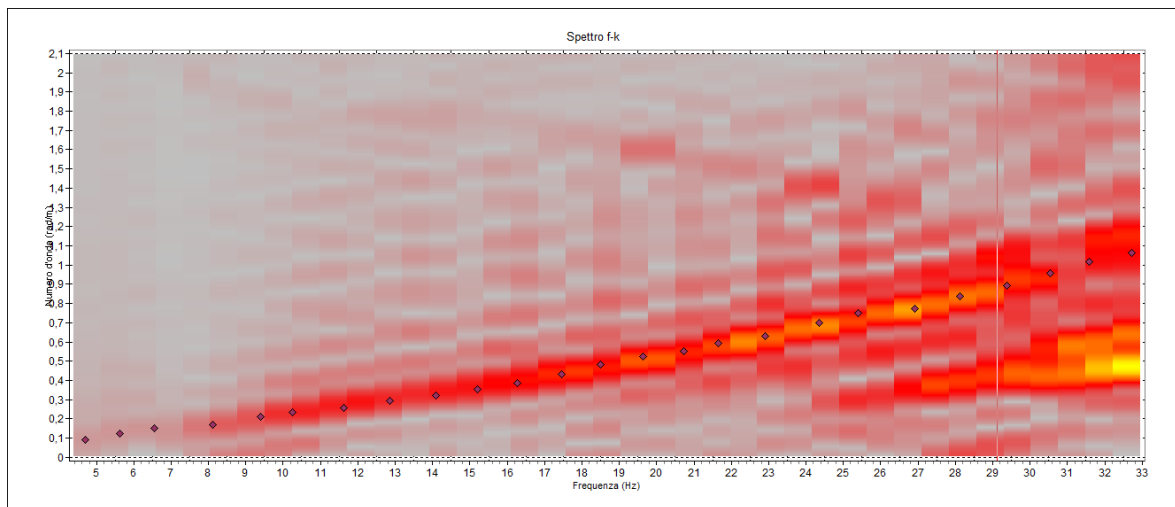
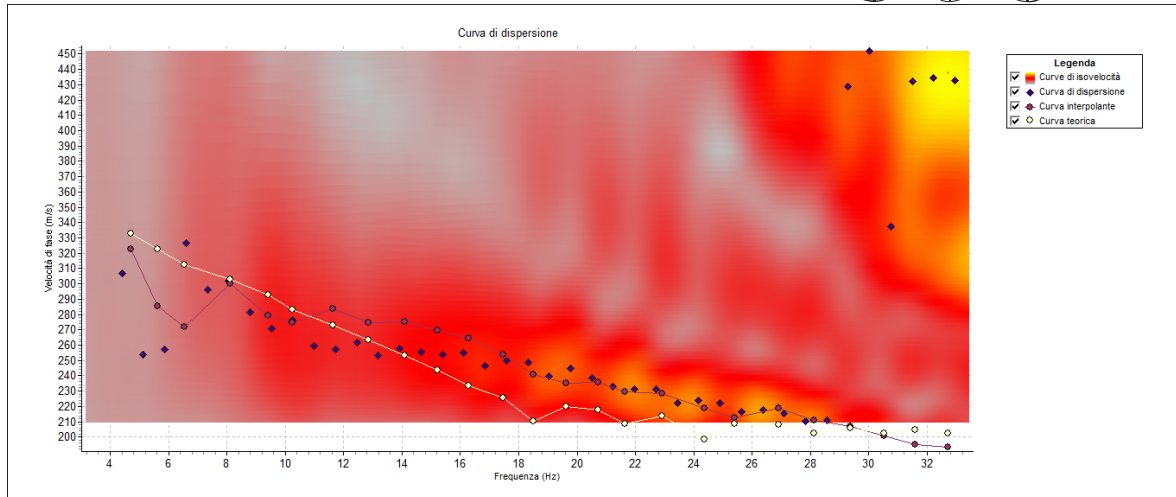


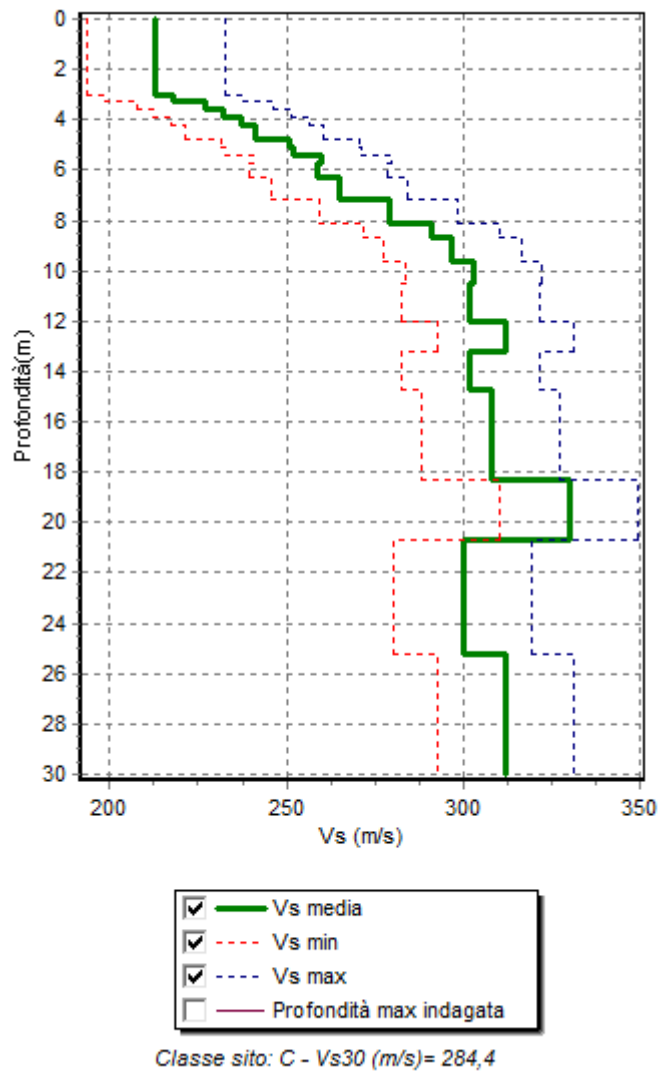
Diagramma frequenza-numero d'onda.



Curva di dispersione.

	Prof. (m)	Vs (m/s)
1	3,0	213,0
2	3,3	218,0
3	3,6	227,0
4	3,9	232,0
5	4,2	237,0
6	4,8	241,0
7	5,1	251,0
8	5,4	252,0
9	5,7	260,0
10	6,3	259,0
11	7,2	265,0
12	8,1	279,0
13	8,7	291,0
14	9,6	297,0
15	10,5	303,0
16	12,0	302,0
17	13,2	312,0
18	14,7	302,0
19	18,3	308,0
20	20,7	330,0
21	25,2	300,0
22	30,0	312,0

Valori della velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità.



Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità.

7.2 STENDIMENTI DI SISMICA A RIFRAZIONE

La metodologia utilizzata nella prospezione di sismica a rifrazione consta di diverse fasi di elaborazione. Per primo sono stati individuati nei sismogrammi i primi arrivi corrispondenti alle onde dirette e rifratte. Dopo aver rilevato i tempi dei primi arrivi sono state tracciate le dromocrone nel diagramma distanza-tempo. Per la ricostruzione del modello sismostratigrafico è stato utilizzato un software della ProgramGeo (SismaCon 1.4) ed adottato il Metodo Reciproco Generalizzato (GRM), che si basa sulla ricerca, nel diagramma tempi-distanze, di una distanza intergeofonica XY ottimale; tale che i raggi generati in punti opposti arrivino al geofono posto in X e quello posto in Y a partire dallo stesso punto del rifrattore.

RIFRAZIONE R1

Il modello del terreno ricavato dal processo di elaborazione, dello stendimento R1, vede l'individuazione di tre sismostrati separati da chiari rifrattori. La velocità delle onde P rilevate sono le seguenti: nel primo sismostrato 539 m/s, nel secondo sismostrato 903 m/s e nel terzo 1755 m/s.

Il primo rifrattore risulta essere sub-orizzontale e posto a 2-3 m di profondità il primo; mentre, il secondo pende verso l'inizio dello stendimento e la sua profondità varia da circa 9 m a circa 23 m il secondo. Il primo sismostrato spesso circa 2-3 m è riconducibile alla coltre di alterazione, mentre il secondo sismostrato, spesso 7 m, è correlabile ai conglomerati di Irsina, mentre il terzo sismostrato alle argille subappennine.

RIFRAZIONE R2

Il modello del terreno ricavato dal processo di elaborazione, dello stendimento R1, vede l'individuazione di tre sismostrati separati da chiari rifrattori. La velocità delle onde P rilevate sono le seguenti: nel primo sismostrato 600 m/s, nel secondo sismostrato 1213 m/s e nel terzo 2372 m/s.

I due rifrattori risultano essere inclinati verso l'inizio dello stendimento. La profondità dei rifrattori risulta pertanto variabile per il primo da 0 m a circa 8 m, mentre per il secondo da circa 8 m a circa 17 m. Il primo sismostrato è riconducibile alla coltre di altera-

zione, mentre il secondo sismostrato è correlabile ai conglomerati di Irsina. Infine, il terzo sismostrato è riconducibile alle argille subappennine.

RIFRAZIONE R3

Il modello del terreno ricavato dal processo di elaborazione, dello stendimento R1, vede l'individuazione di tre sismostrati separati da chiari rifrattori. La velocità delle onde P rilevate sono le seguenti: nel primo sismostrato 377 m/s, nel secondo sismostrato 1451 m/s e nel terzo 1777 m/s.

Il primo rifratore risulta essere pendente verso l'inizio dello stendimento, mentre il secondo è sub-orizzontale. Il primo rifratore presenta una profondità variabile da 0 m a circa 8 m di profondità, mentre il secondo è posto ad una profondità di circa 13 m. Il primo sismostrato spesso 0-8 m è riconducibile alla coltre di alterazione e a detriti di versante, mentre il secondo sismostrato, spesso 5-14 m, è correlabile alle sabbie di Monte Marano. Infine, il terzo sismostrato è riconducibile alle argille subappennine.

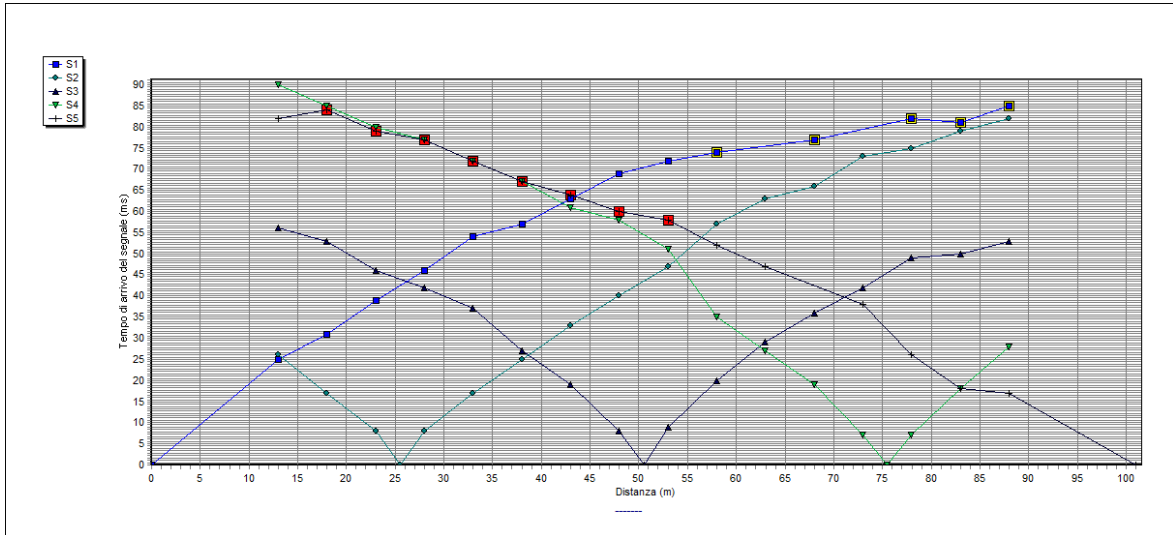
RIFRAZIONE R4

Il modello del terreno ricavato dal processo di elaborazione, dello stendimento R1, vede l'individuazione di due sismostrati separati da un chiaro rifratore. La velocità delle onde P rilevate sono le seguenti: nel primo sismostrato 450 m/s e nel terzo 925 m/s.

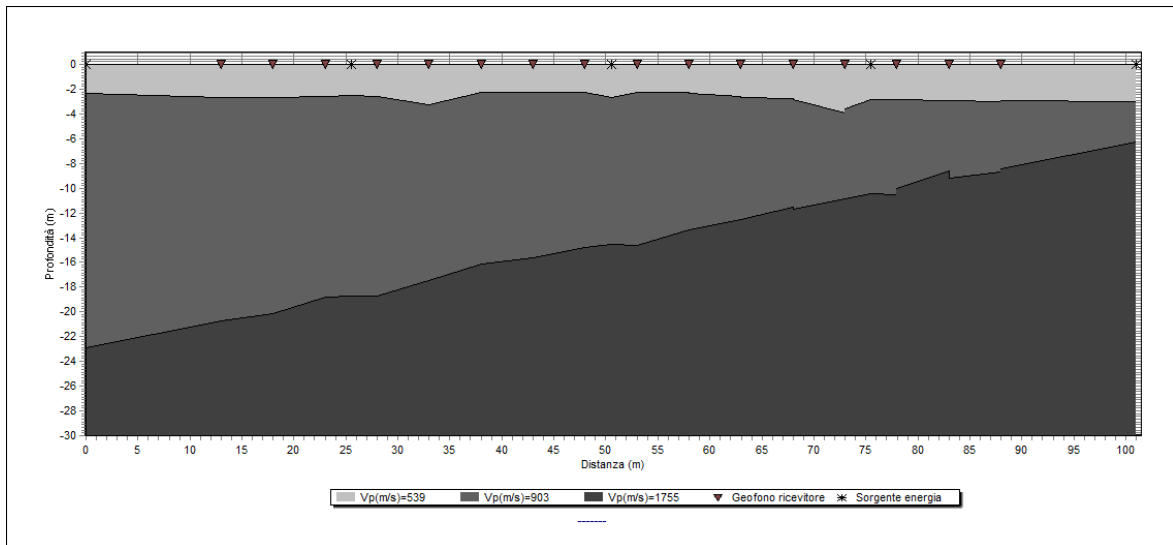
Il rifratore risulta essere pendente verso la fine dello stendimento e profondo da 8 m a circa 14 m. Il primo sismostrato spesso 8-14 m è riconducibile alla facies di transizione tra i conglomerati di Irsina e le sabbie di Monte Marano con ogni probabilità fortemente alterata, mentre il secondo sismostrato è correlabile alla sabbie di Monte Marano.

7.2.1. ELABORATI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE

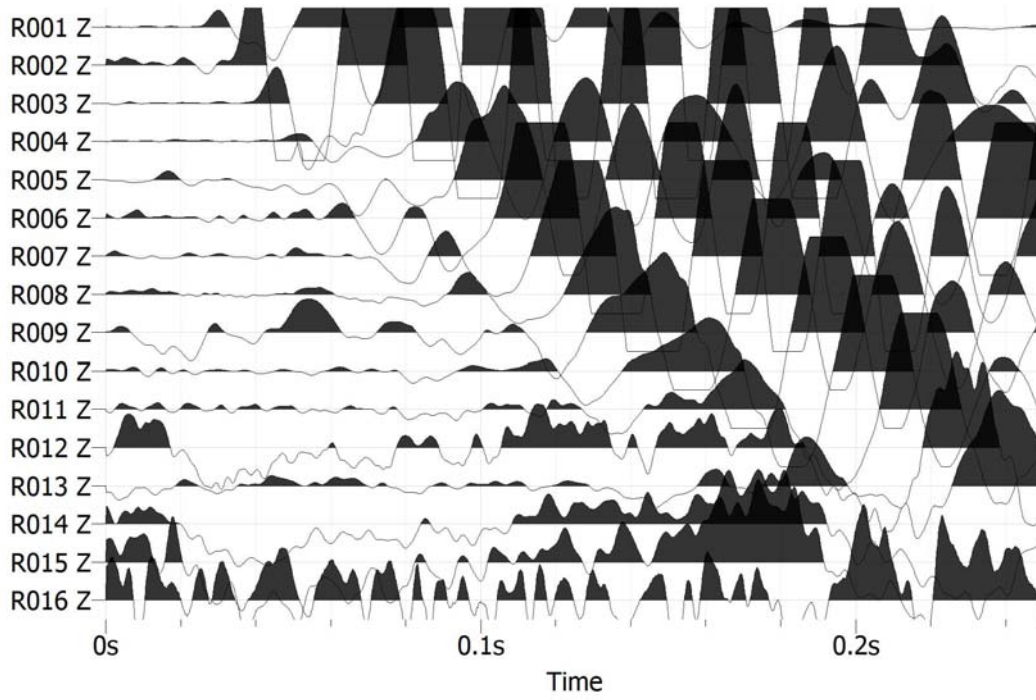
RIFRAZIONE R1



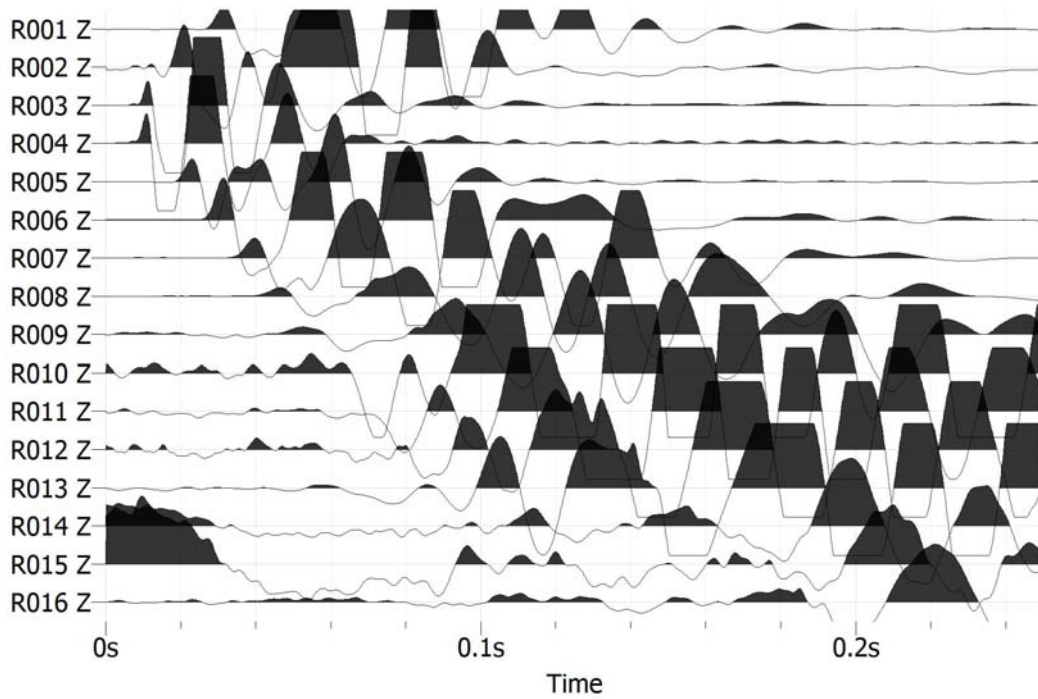
Dromocrone ricavate dall'individuazione nei sismogrammi dei primi arrivi.



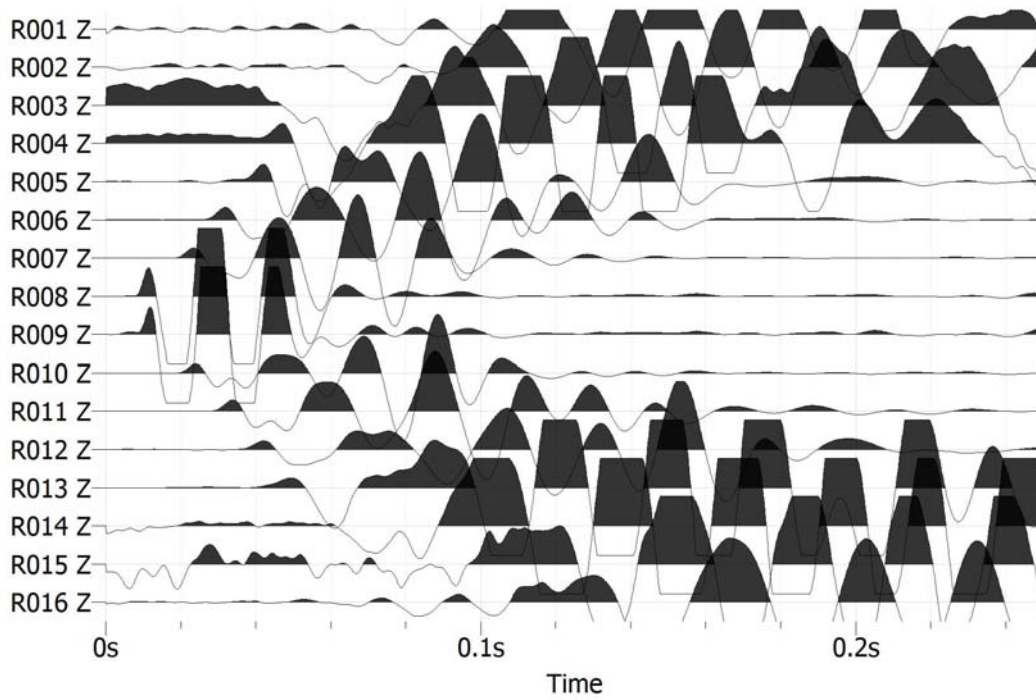
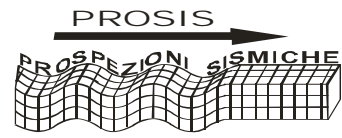
Modello sismostratigrafico del sottosuolo (stendimento R1).



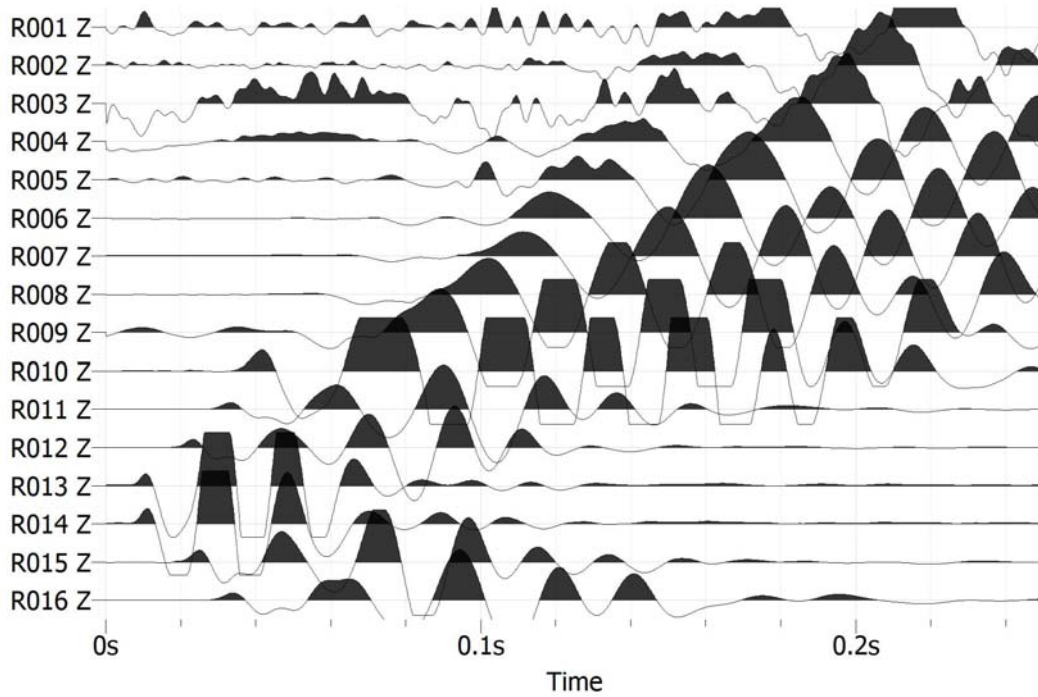
(a)



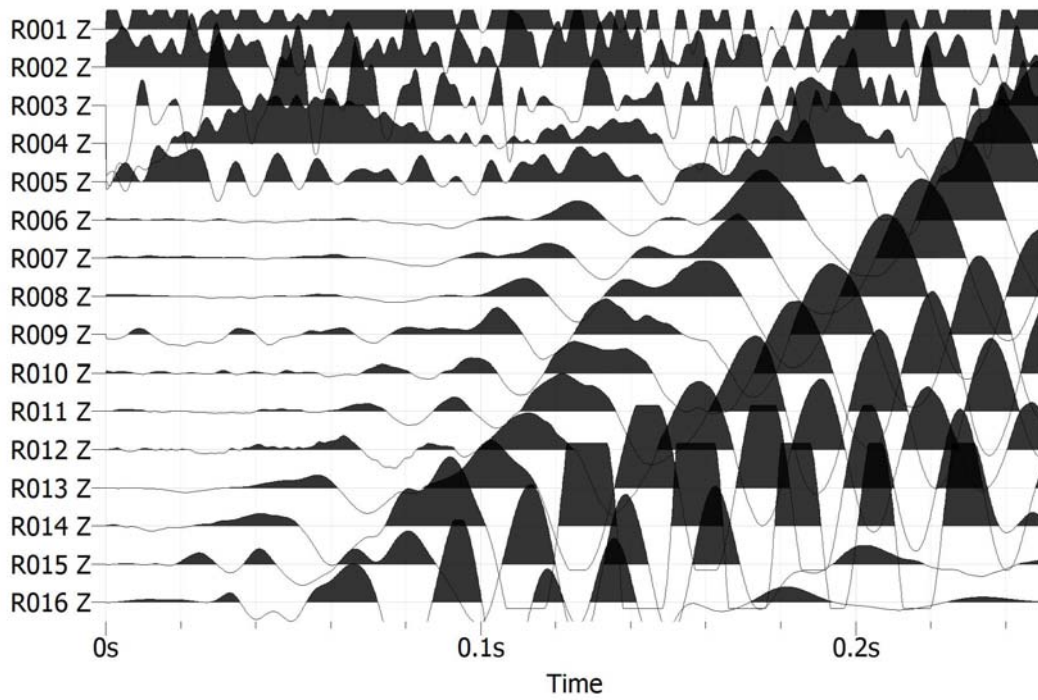
(b)



(c)



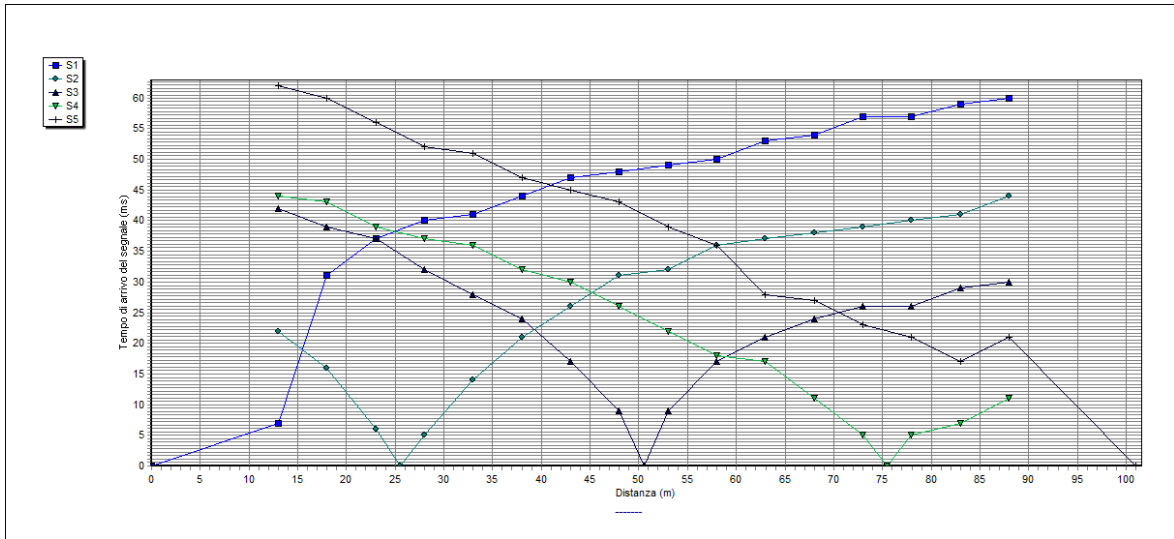
(d)



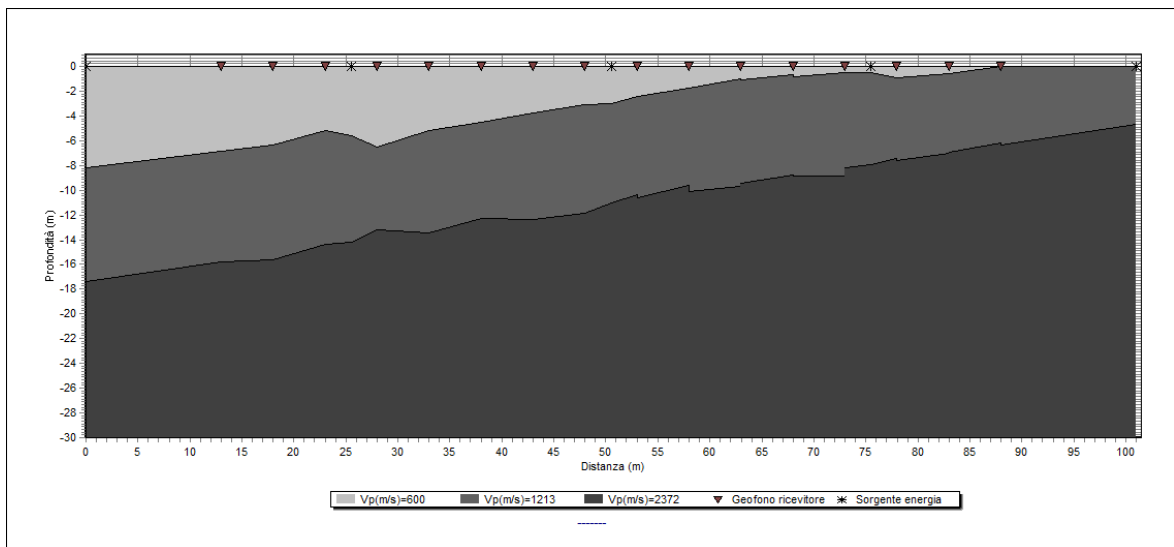
(e)

Sismogrammi: a) tiro diretto; b) tiro intermedio tra il terzo e il quarto geofono; c) tiro centrale; d) tiro tra il tredicesimo e il quattordicesimo geofono; e) tiro coniugato.

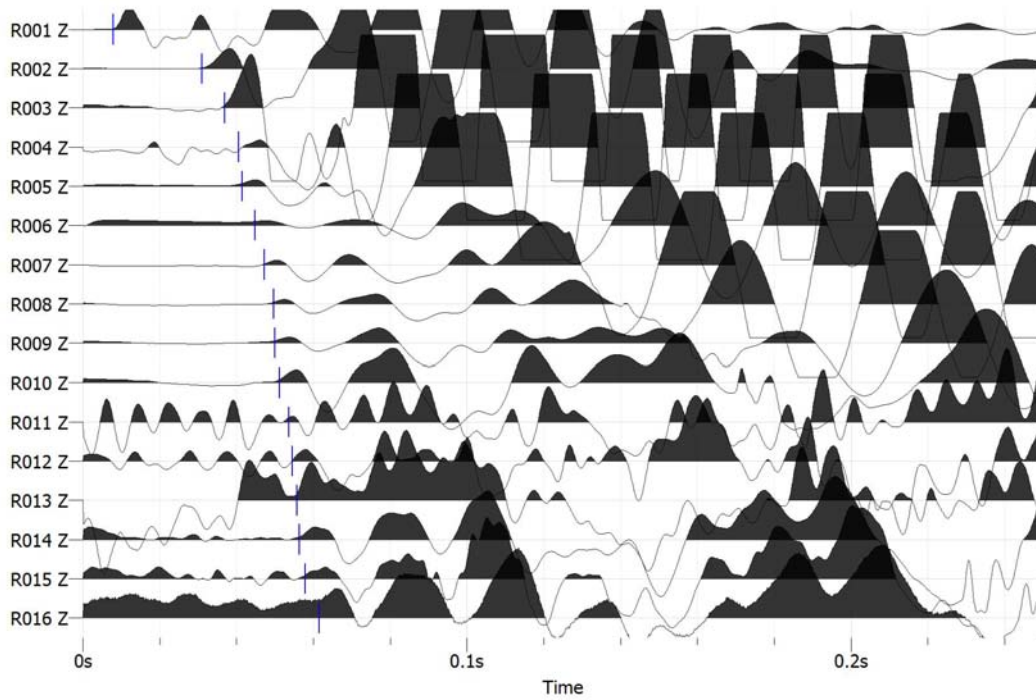
RIFRAZIONE R2



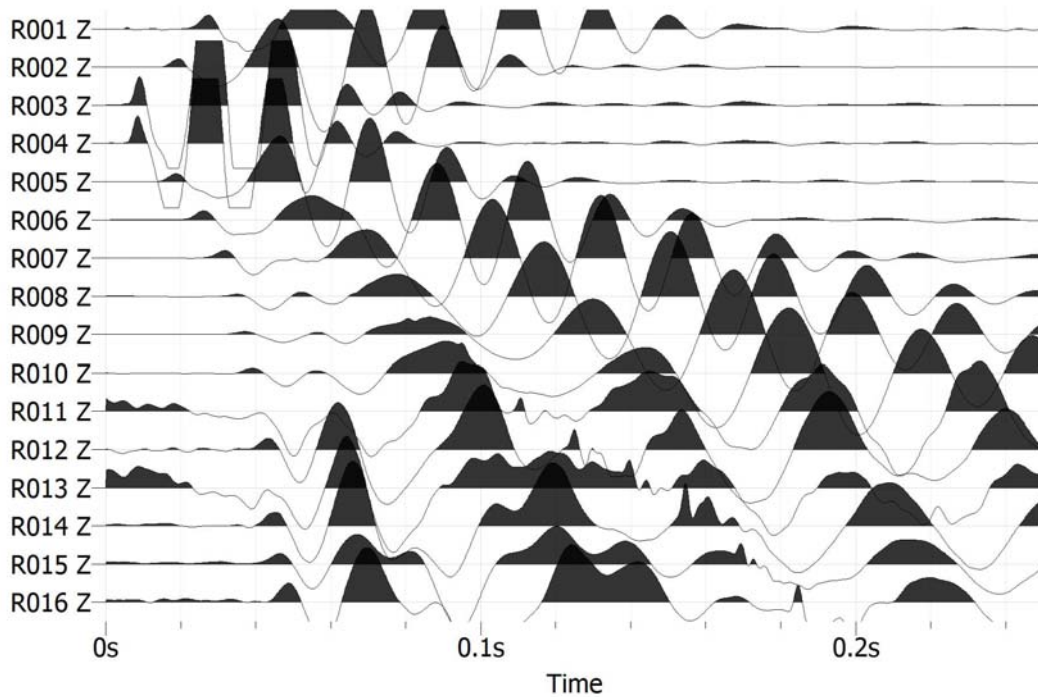
Dromocrona ricavate dall'individuazione nei sismogrammi dei primi arrivi.



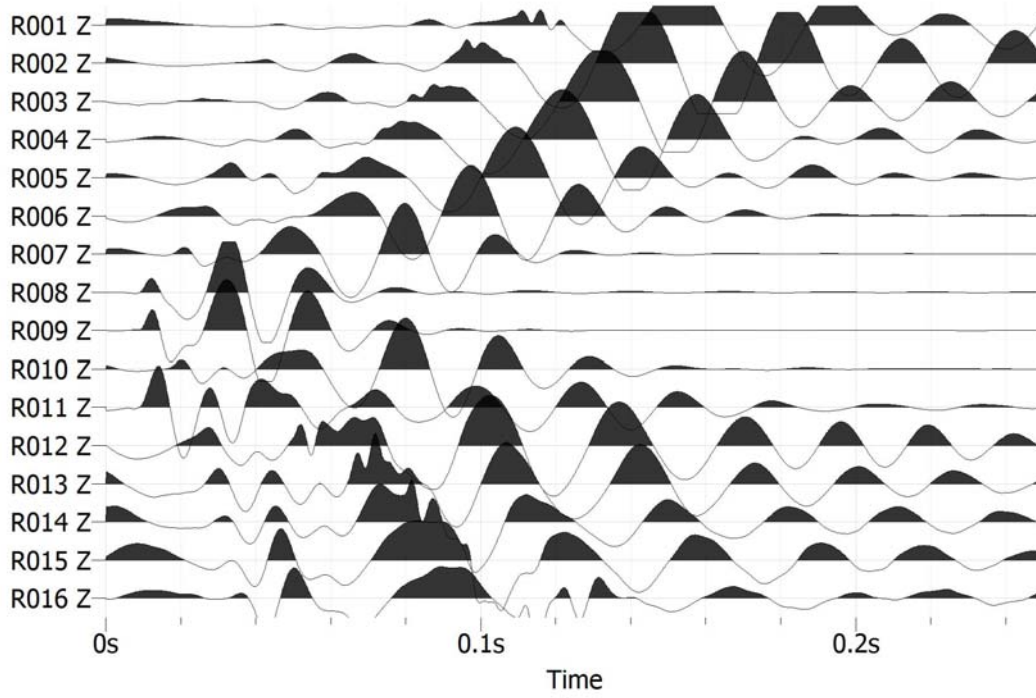
Modello sismostratigrafico del sottosuolo (stendimento R2).



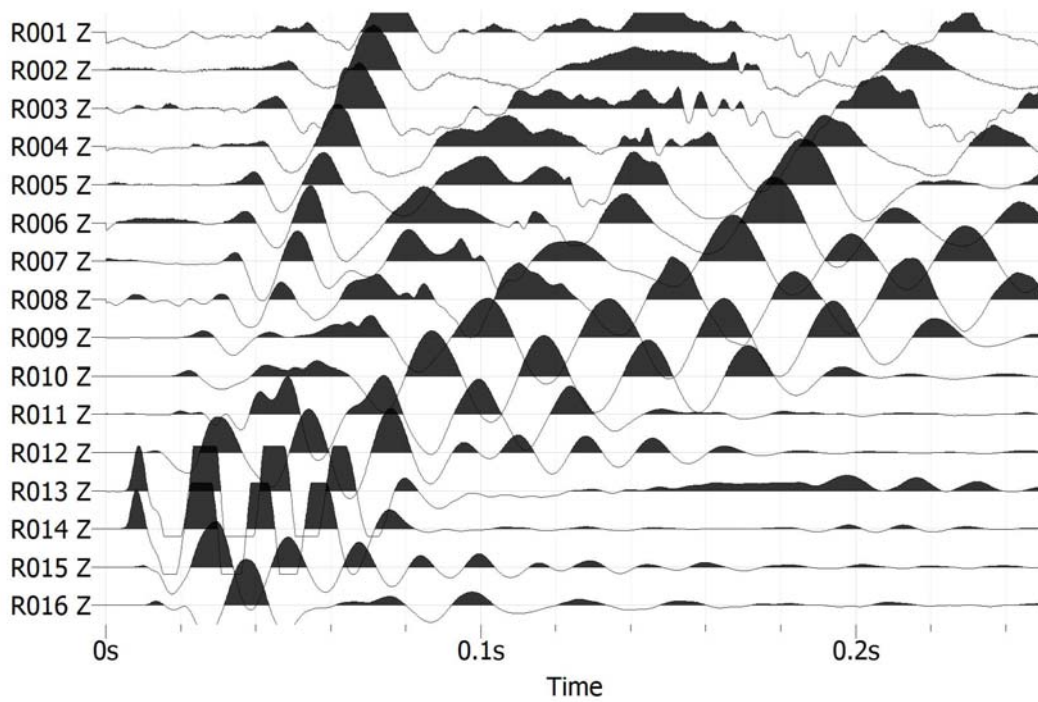
(a)



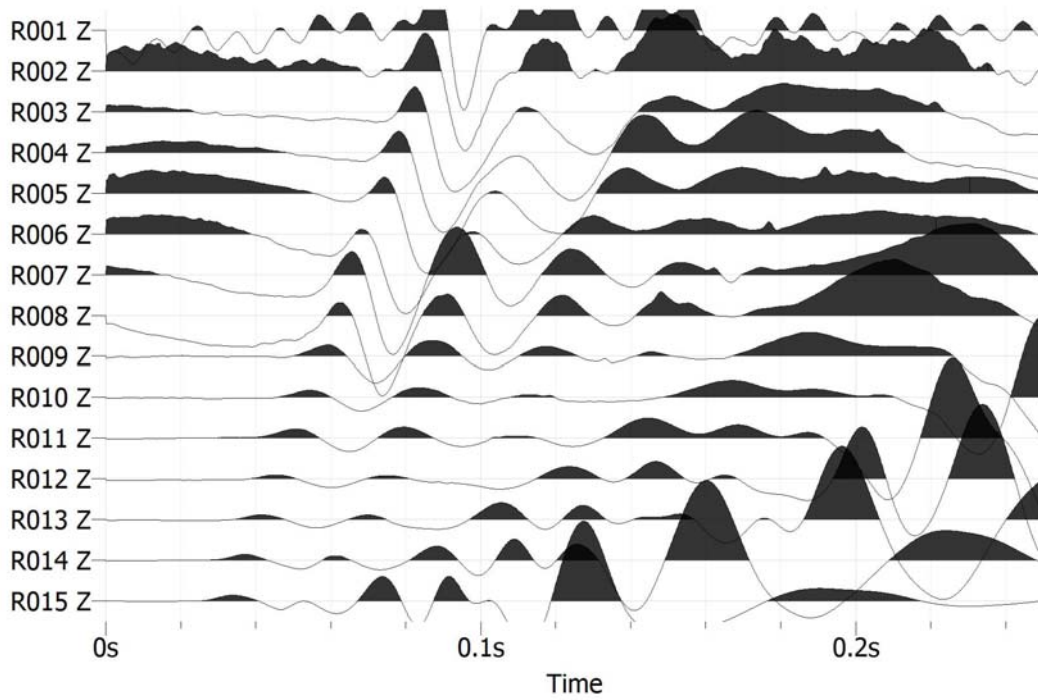
(b)



(c)



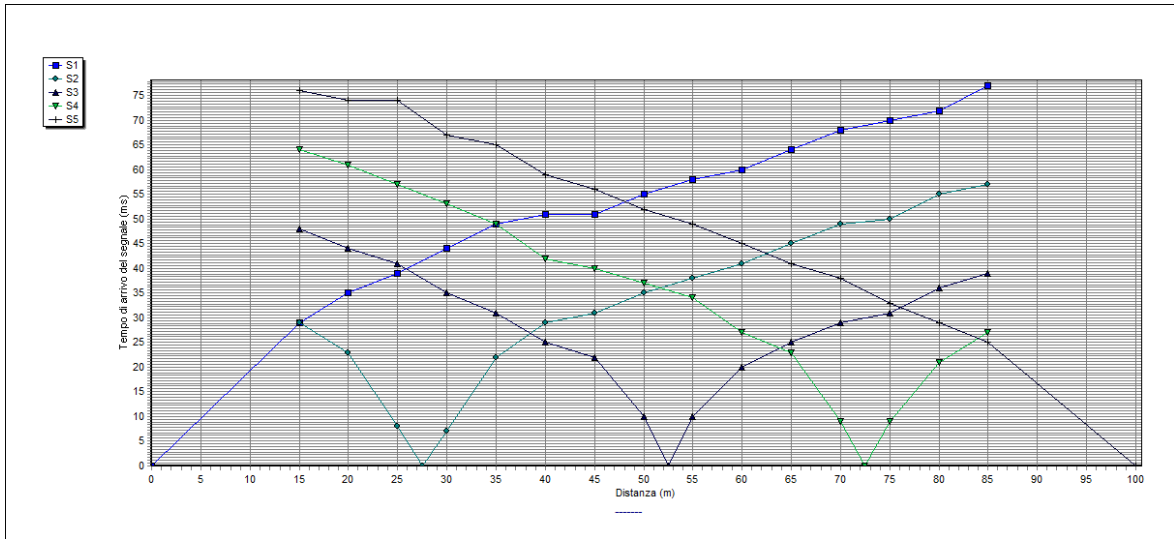
(d)



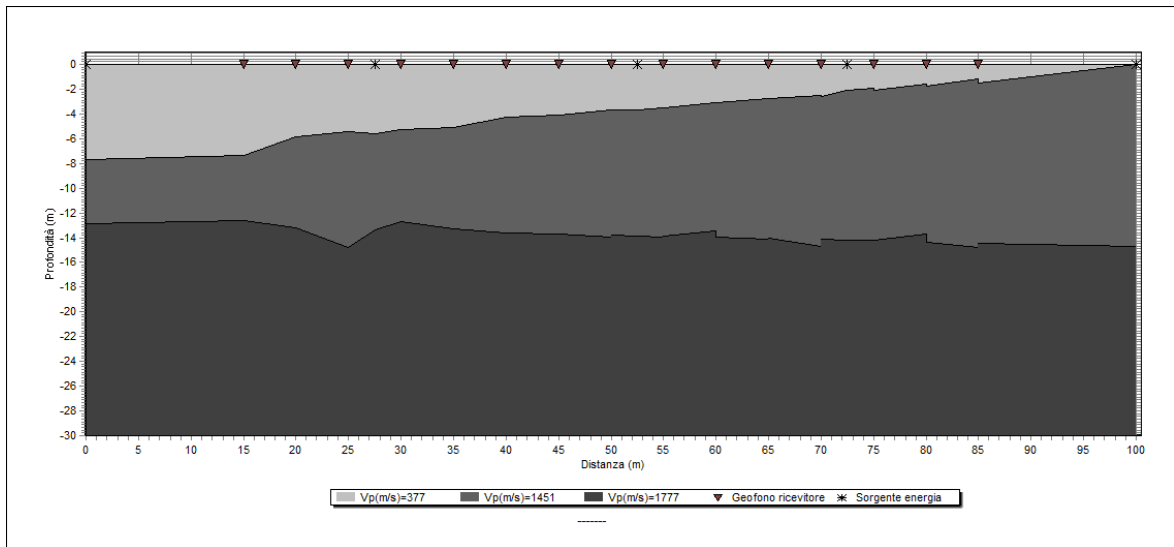
(e)

Sismogrammi: a) tiro diretto; b) tiro intermedio tra il terzo e il quarto geofono; c) tiro centrale; d) tiro tra il tredicesimo e il quattordicesimo geofono; e) tiro coniugato.

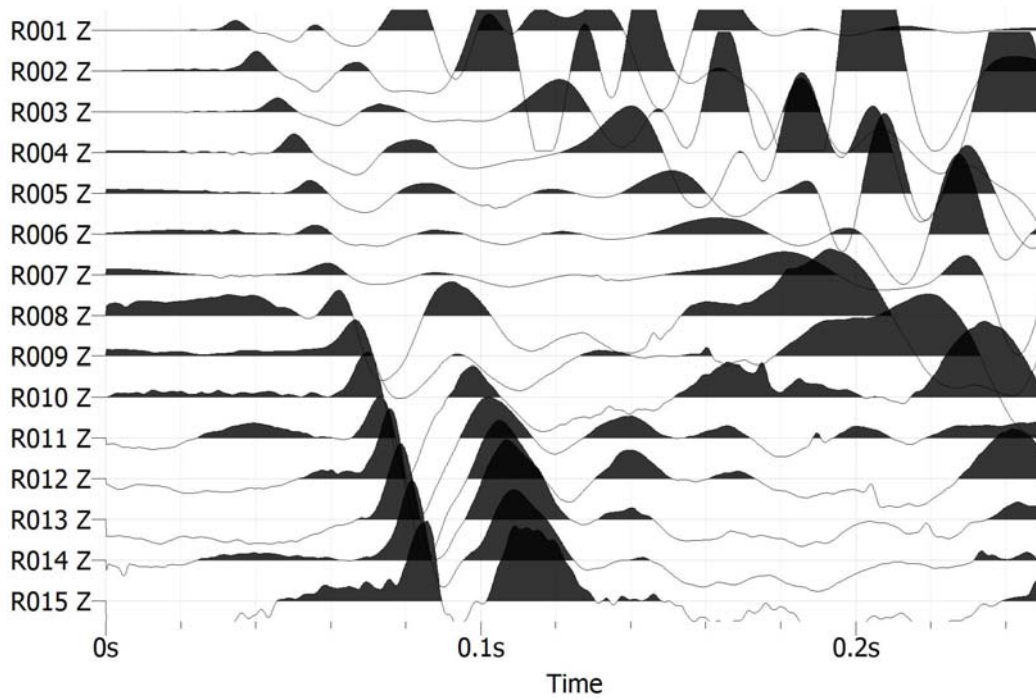
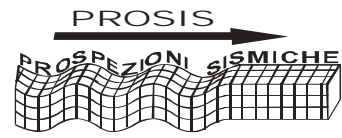
RIFRAZIONE R3



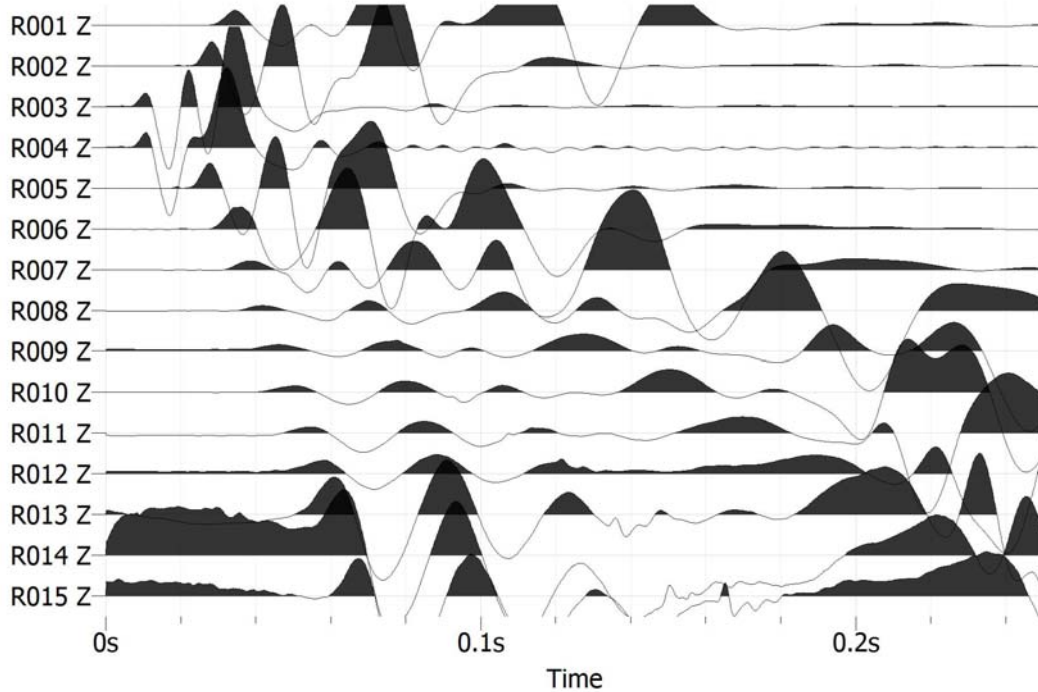
Dromocrona ricavate dall'individuazione nei sismogrammi dei primi arrivi.



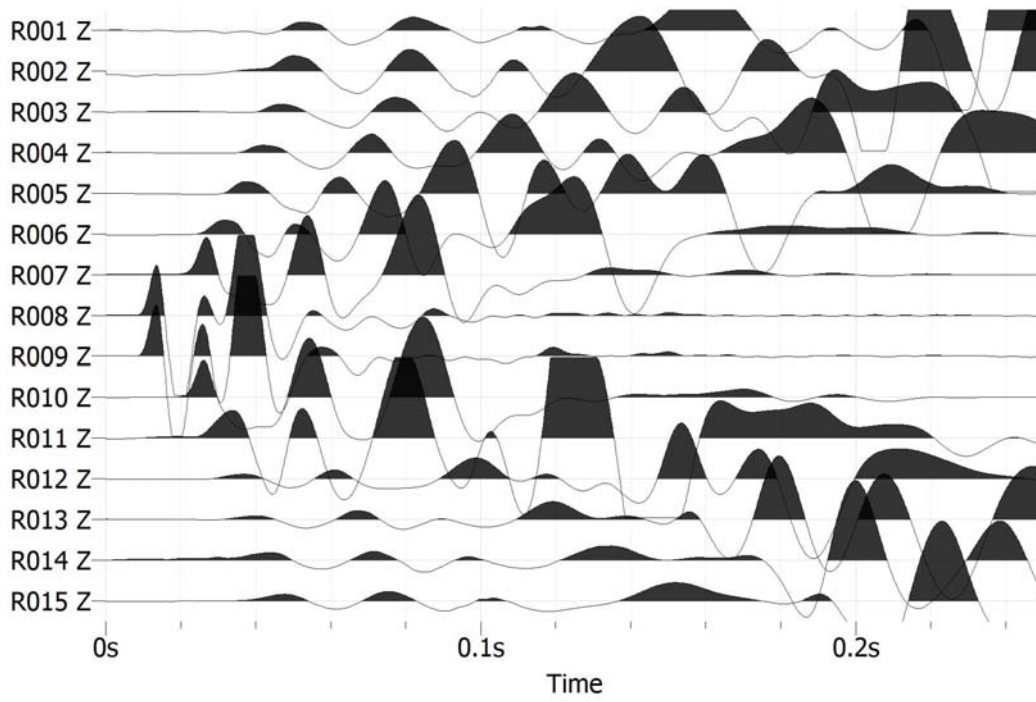
Modello sismostratigrafico del sottosuolo (stendimento R3).



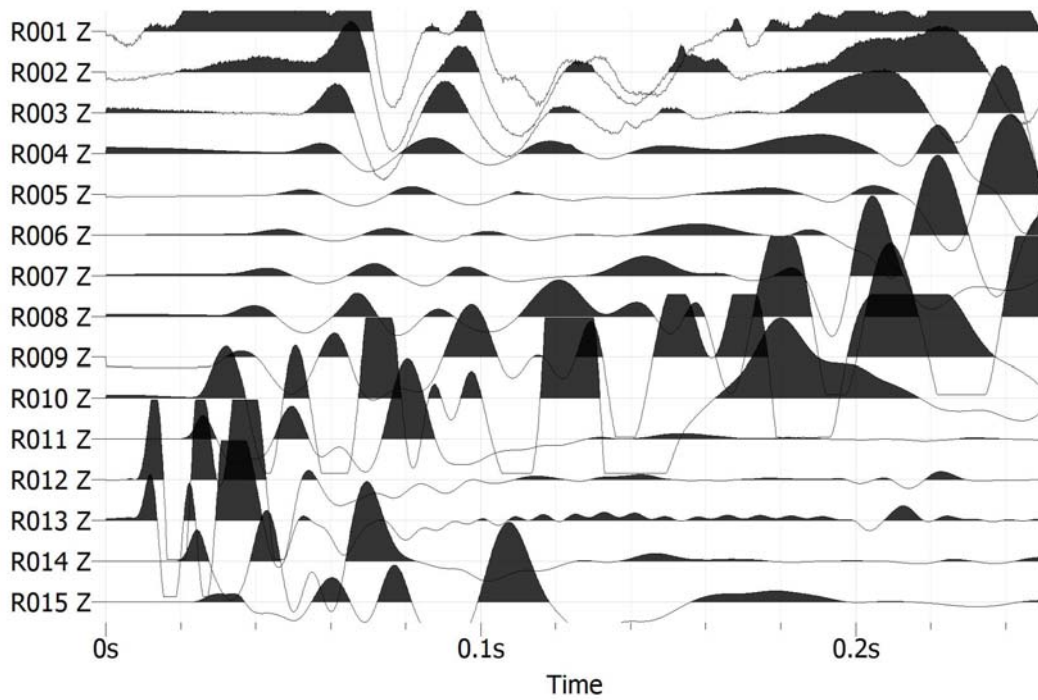
(a)



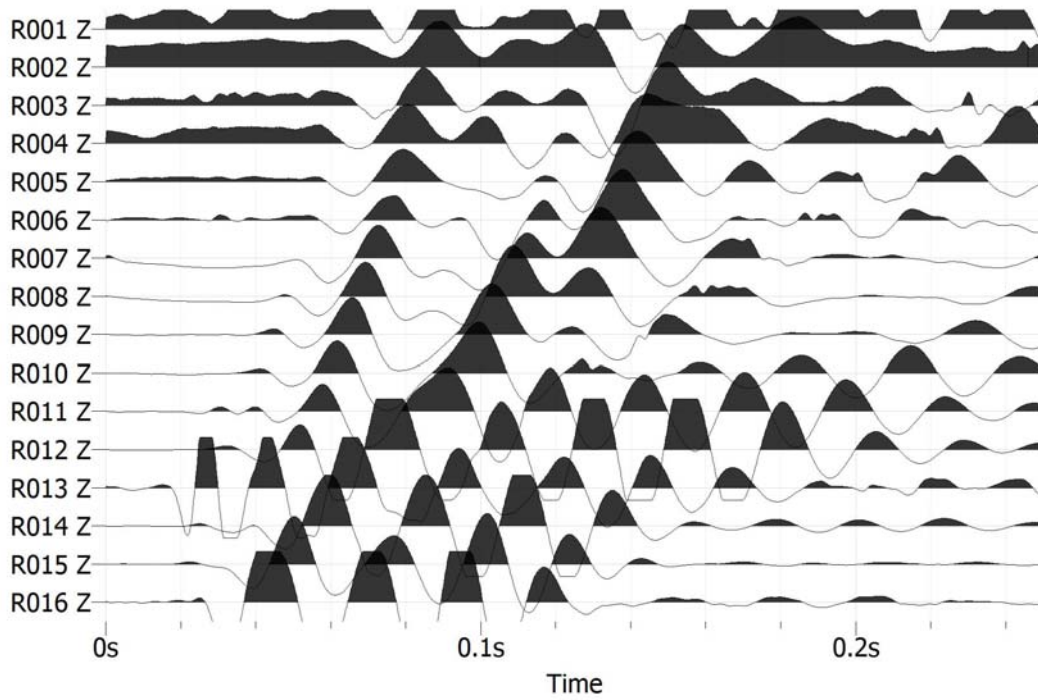
(b)



(c)



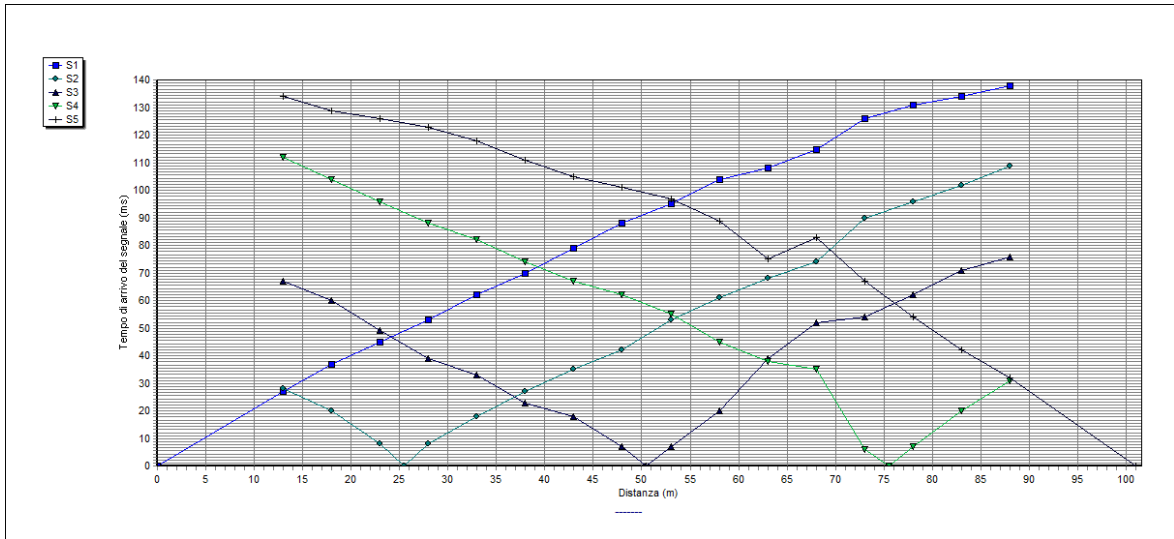
(d)



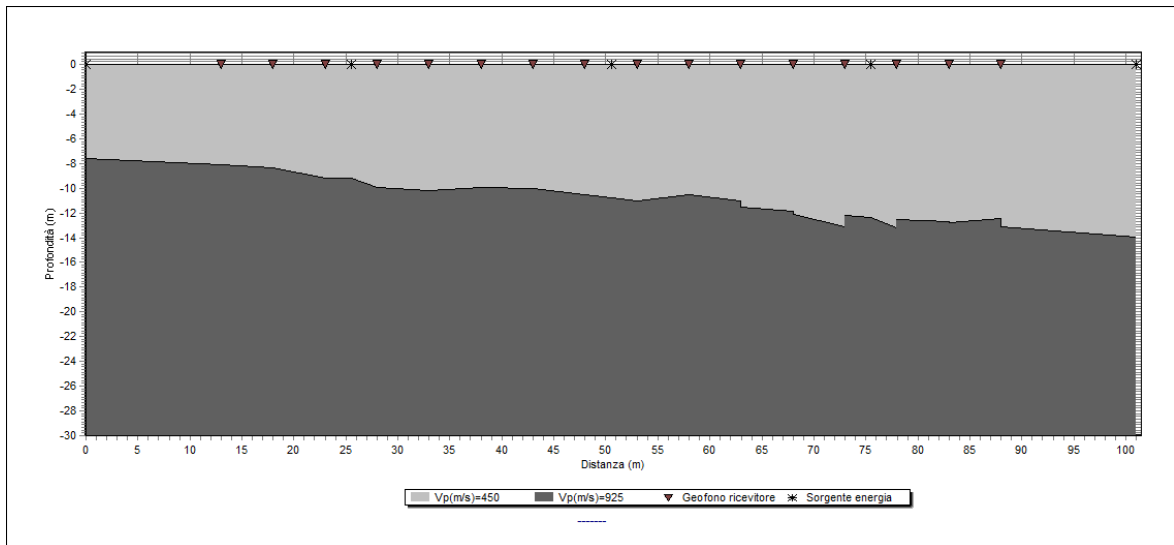
(e)

Sismogrammi: a) tiro diretto; b) tiro intermedio tra il terzo e il quarto geofono; c) tiro centrale; d) tiro tra il tredicesimo e il quattordicesimo geofono; e) tiro coniugato.

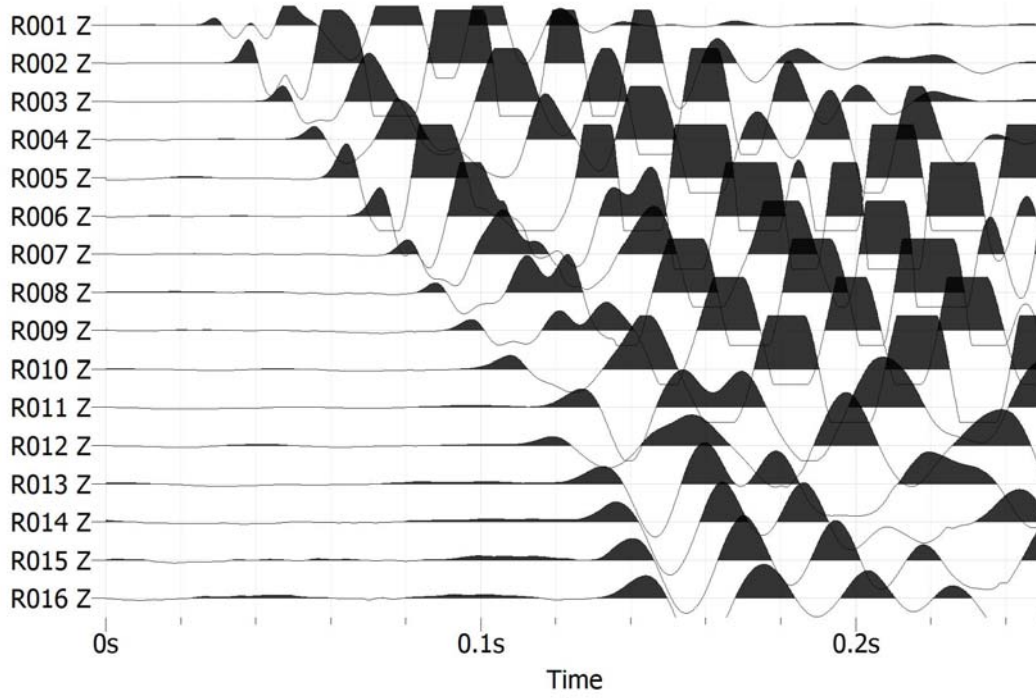
RIFRAZIONE R4



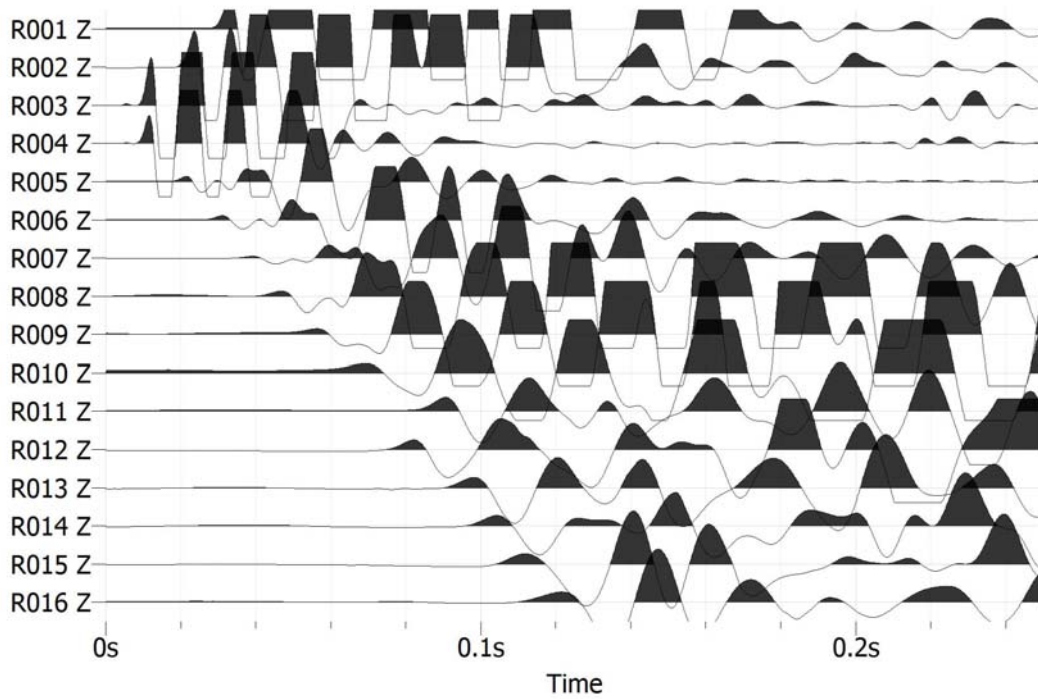
Dromocroni ricavate dall'individuazione nei sismogrammi dei primi arrivi.



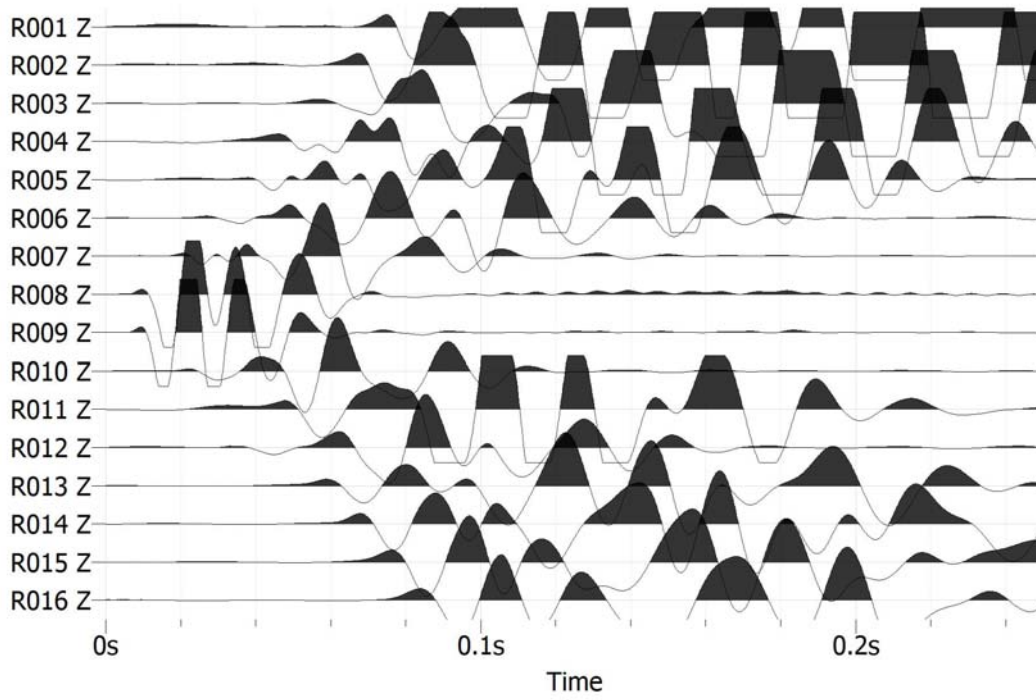
Modello sismostratigrafico del sottosuolo (stendimento R3).



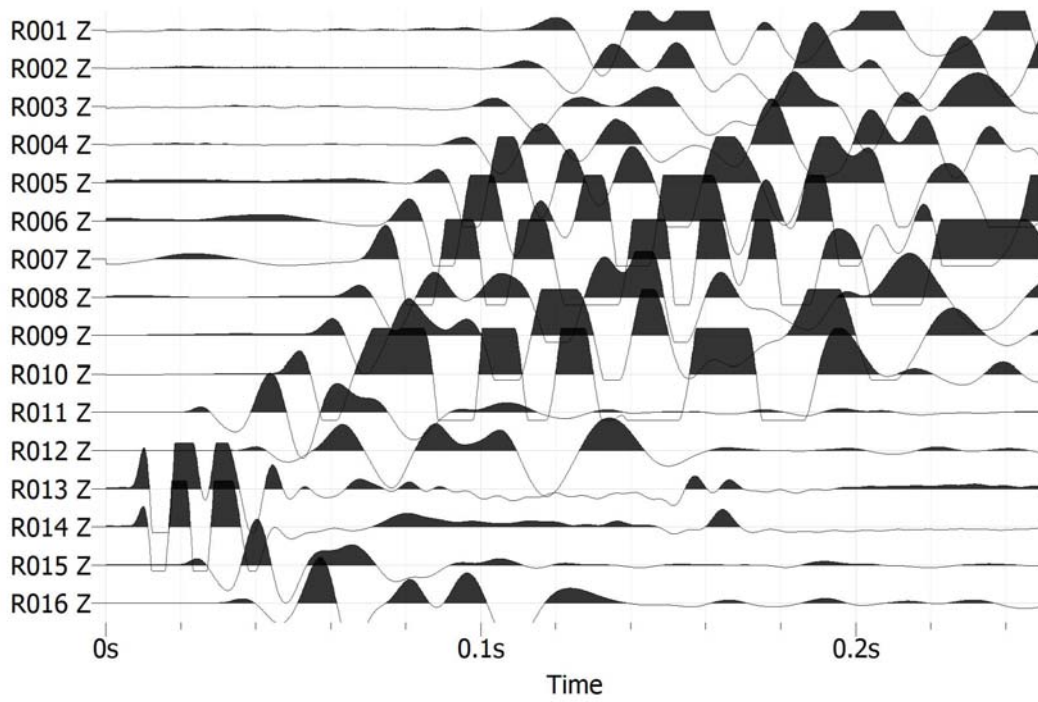
(a)



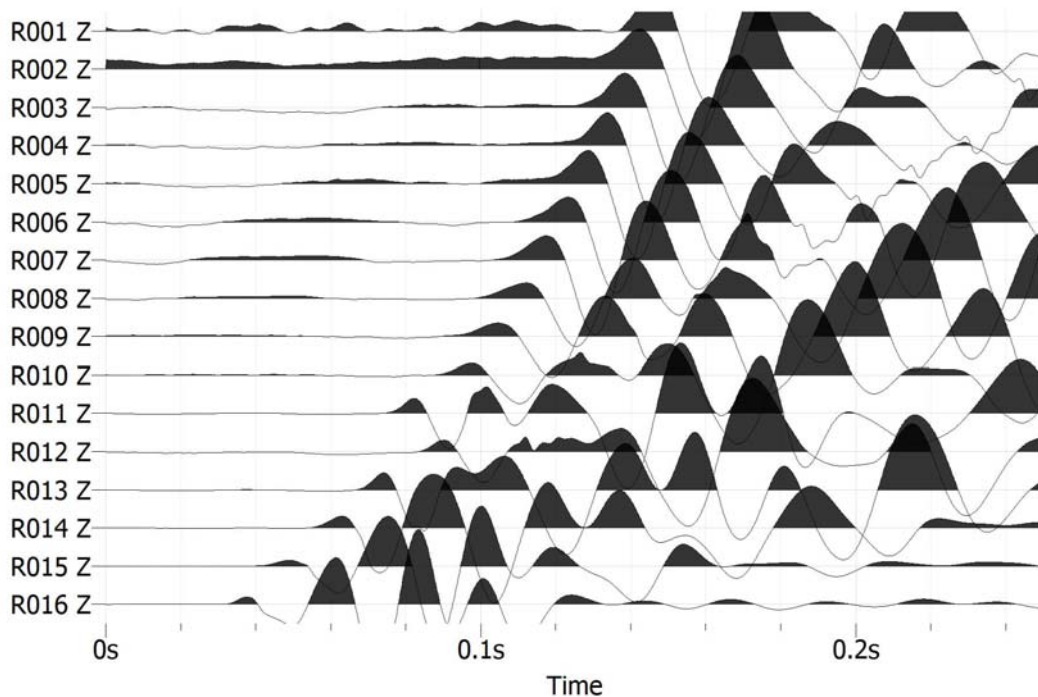
(b)



(c)



(d)



(e)

Sismogrammi: a) tiro diretto; b) tiro intermedio tra il terzo e il quarto geofono; c) tiro centrale; d) tiro tra il tredicesimo e il quattordicesimo geofono; e) tiro coniugato.

7.2.2. MODULI ELASTICI DINAMICI

Considerando i valori delle velocità delle onde sismiche P ed S, ricavati dalle prove MASW e di sismica a rifrazione, è stato possibile ricavare alcuni moduli elastici dinamici per i differenti sismostrati. I valori dei moduli elastici sono stati ricavati applicando formule riportate in letteratura (p.e. Carrara, Rapolla, Roberti, 1992) e tabellate:

Rifrazione R1

sismostrato	Vp m/s	Vs m/s	v	E kg/cm ²	G kg/cm ²	K kg/cm ²	R
1	539	289	0,30	4201	1618	3471	0,55
2	903	300	0,44	5015	1744	13473	0,57
3	1755	500	0,46	14103	4844	53216	0,95

Legenda: Vp (velocità onde sismiche p); Vs (velocità onde sismiche S); v (modulo di Poisson); E (modulo di Young dinamico); G (modulo di taglio); K (modulo di incompressibilità); R (rigidità sismica, espressa in $\frac{t \cdot km}{m^2 \cdot s}$)

Rifrazione R2

sismostrato	Vp m/s	Vs m/s	ν	E kg/cm ²	G kg/cm ²	K kg/cm ²	R
1	600	290	0,35	4392	1629	4802	0,55
2	1213	490	0,40	13048	4651	22305	0,93
3	2372	630	0,46	22486	7690	98756	1,20

Legenda: Vp (velocità onde sismiche p); Vs (velocità onde sismiche S); ν (modulo di Poisson); E (modulo di Young dinamico); G (modulo di taglio); K (modulo di incompressibilità); R (rigidità sismica, espressa in $\frac{t \cdot km}{m^2 \cdot s}$)

Rifrazione R3

sismostrato	Vp m/s	Vs m/s	ν	E kg/cm ²	G kg/cm ²	K kg/cm ²	R
1	377	160	0,39	1379	496	2092	0,30
2	1451	215	0,49	2667	896	39597	0,41
3	1777	265	0,49	4051	1360	59366	0,50

Legenda: Vp (velocità onde sismiche p); Vs (velocità onde sismiche S); ν (modulo di Poisson); E (modulo di Young dinamico); G (modulo di taglio); K (modulo di incompressibilità); R (rigidità sismica, espressa in $\frac{t \cdot km}{m^2 \cdot s}$)

Rifrazione R4

sismostrato	Vp m/s	Vs m/s	ν	E kg/cm ²	G kg/cm ²	K kg/cm ²	R
1	450	260	0,25	3273	1310	2177	0,49
2	925	305	0,44	5187	1802	14174	0,58

Legenda: Vp (velocità onde sismiche p); Vs (velocità onde sismiche S); ν (modulo di Poisson); E (modulo di Young dinamico); G (modulo di taglio); K (modulo di incompressibilità); R (rigidità sismica, espressa in $\frac{t \cdot km}{m^2 \cdot s}$)

Per il calcolo dei moduli E, G e K è stata utilizzata una densità media del terreno di 1,90 kg/cm³; i valori risultanti per questi moduli sono stati approssimati alla cifra intera.

7.3 INDAGINI DOWN HOLE

Le prove down hole hanno permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde S e P nei primi trenta metri di profondità.

L'elaborazione è stata fatta utilizzando diversi software tra cui GeoHole ver. 1.3 della ProgramGeo, DoReMi ver. 1.1.45 della Sara e Sismica di Corrao & Coco. In particolare,



è stato utilizzato il metodo dell'intervallo modificato, che assume come sub-orizzontali i sismostrati e che le onde sismiche generate si propagano dalla sorgente ai ricevitori attraverso ogni strato, con velocità propria.

PROVA DOWN HOLE DH1

Dalla prova DH1 emerge un andamento irregolare della velocità delle onde S e P. Dal confronto con la stratigrafia del sondaggio si possono riconoscere degli strati significativi che trovano riscontro anche nella prova down hole. Nei primi 5-6 metri si hanno delle velocità relativamente alte e ciò è correlabile a livelli di conglomerati in matrice sabbiosa. Dopo si ha un significativo decremento delle velocità delle onde S e P, questo è dovuto alla presenza di sabbie. A 10 m di profondità aumenta significativamente la velocità delle onde P, che non coincide con un significativo cambio litologico. Le onde S a partire dai 10 m di profondità presentano un andamento delle velocità poco variabile a testimonianza di variazioni litologiche poco significative.

La prova può essere riassunta nella seguente tabella:

Z (m)	tp (msec)	ts (msec)	tpc (msec)	tsc (msec)	Vp (m/s)	Vs (ms)
2	2,78	9,89	2,22	7,91	899,28	252,83
4	4,50	12,10	4,21	11,33	1005,29	585,26
6	5,70	15,26	5,52	14,81	1524,99	574,62
8	8,83	22,30	8,68	21,92	634,35	281,30
10	12,65	31,30	12,51	30,95	521,62	221,37
12	13,30	36,39	13,20	36,10	2910,12	388,25
14	14,09	46,56	14,00	46,29	2482,73	196,31
16	15,26	50,86	15,19	50,64	1685,57	460,10
18	18,39	55,56	18,32	55,36	638,35	423,27
20	19,56	63,77	19,51	63,59	1691,00	243,03
22	22,30	70,42	22,25	70,26	729,63	300,01
24	23,08	75,12	23,03	74,96	1272,72	212,86
26	24,02	79,50	23,97	79,35	1064,79	227,92
28	25,32	86,70	25,28	86,56	1532,87	277,36
30	26,35	94,20	26,31	94,07	1933,67	266,35

$V_{s30} = 296 \text{ m/s}$ categoria dei suoli C	$\Sigma h_i/V_{si}$	0,101266
---	---------------------------------------	-----------------

tp: tempo primi arrivi onde P; ts: tempo primi arrivi onde S; tpc: tempo onde P corretto; tsc: tempo onde S corretto; Vp: velocità onde P; Vs: velocità onde S.

PROVA DOWN HOLE DH2

Dalla prova DH2 emerge un andamento irregolare della velocità delle onde S e P. Dal confronto con la stratigrafia del sondaggio si possono riconoscere degli strati significativi che trovano riscontro anche nella prova down hole. Nei primi 15 m si hanno delle velocità basse e ciò è correlabile alla presenza di sabbie limose e sabbie. In corrispondenza del passaggio delle sabbie con silt argillosi le velocità aumentano sensibilmente per poi diminuire intorno ai 20 m; infine, al di sotto dei 20 m le velocità risultano poco variabili.

La prova può essere riassunta nella seguente tabella:

Z (m)	tp (msec)	ts (msec)	tpc (msec)	tsc (msec)	Vp (m/s)	Vs (ms)
2	3,13	11,35	2,50	9,08	798,72	220,34
4	4,70	27,78	4,40	26,01	1057,05	118,12
6	7,78	34,04	7,55	33,02	634,59	285,21
8	9,00	40,23	8,84	39,54	1543,00	306,65
10	10,91	48,91	10,79	48,36	1028,58	226,76
12	13,53	58,69	13,42	58,23	758,95	202,68
14	15,68	68,86	15,59	68,47	921,57	195,42
16	16,54	72,44	16,47	72,12	2285,62	547,10
18	17,65	74,92	17,59	74,66	1785,32	787,57
20	18,48	77,97	18,43	77,75	2386,03	647,16
22	19,95	86,97	19,91	86,77	1351,77	221,81
24	22,26	91,94	22,22	91,76	865,10	400,53
26	24,29	97,42	24,25	97,26	984,72	364,01
28	25,61	102,90	25,57	102,75	1515,54	364,21
30	26,81	111,80	26,78	111,66	1670,72	228,26
					$\Sigma h_i/V_{si}$	0,111658
					$V_{s30} = 269 \text{ m/s}$ categoria dei suoli C	

tp: tempo primi arrivi onde P; ts: tempo primi arrivi onde S; tpc: tempo onde P corretto; tsc: tempo onde S corretto; Vp: velocità onde P; Vs: velocità onde S.

PROVA DOWN HOLE DH3

Dalla prova DH3 emerge un andamento irregolare della velocità delle onde S e P. Dal confronto con la stratigrafia del sondaggio si possono riconoscere degli strati significativi che trovano riscontro anche nella prova down hole. Nei primi 5 m si hanno delle velocità basse e ciò è correlabile ad un livello di argille limose. In corrispondenza del passaggio a delle sottostanti sabbie le velocità aumentano in modo significativo; tale incremento delle velocità si mantiene sino a 22 m di profondità per la presenza livelli di conglomerati. Infine a 22 m di profondità le velocità diminuiscono e ciò coincide con un cambio litologico, infatti si passa da conglomerati a sabbie.

La prova può essere riassunta nella seguente tabella:

Z (m)	tp (msec)	ts (msec)	tpc (msec)	tsc (msec)	Vp (m/s)	Vs (ms)
2	4,06	6,72	3,02	4,99	662,25	400,41
4	6,48	12,91	5,91	11,77	691,79	295,03
6	9,10	19,95	8,71	19,11	714,20	272,57
8	10,14	23,47	9,89	22,90	1697,32	527,71
10	11,27	26,00	11,09	25,58	1666,64	745,61
12	12,55	28,17	12,41	27,86	1511,31	879,70
14	13,71	30,13	13,60	29,88	1683,62	989,26
16	15,29	33,02	15,19	32,81	1259,34	681,90
18	16,11	35,99	16,03	35,82	2386,97	665,92
20	17,21	37,95	17,14	37,80	1802,33	1009,15
22	18,27	39,91	18,21	39,77	1859,76	1012,21
24	19,94	44,60	19,88	44,48	1198,31	425,26
26	21,45	48,52	21,40	48,41	1319,59	508,77
28	22,89	52,03	22,84	51,93	1384,02	568,23
30	24,99	56,34	24,95	56,24	950,89	464,03
					$\Sigma h_i/V_{si}$	0,056237
$V_{s30} = 533 \text{ m/s}$ categoria dei suoli B						

tp: tempo primi arrivi onde P; ts: tempo primi arrivi onde S; tpc: tempo onde P corretto; tsc: tempo onde S corretto; Vp: velocità onde P; Vs: velocità onde S.

PROVA DOWN HOLE DH4

Dalla prova DH4 emerge un andamento irregolare della velocità delle onde S e P. Dal confronto con la stratigrafia del sondaggio si possono riconoscere degli strati significativi che trovano riscontro anche nella prova down hole. Nei primi 10-12 m si hanno delle velocità piuttosto basse e ciò è correlabile alla presenza di sabbie. Dopo questi primi metri le velocità aumentano sensibilmente, questo è dovuto alla presenza di livelli di conglomerati in matrice sabbiosa. A circa 20 m le velocità diminuiscono per poi aumentare in modo graduale fino a fondo foro.

La prova può essere riassunta nella seguente tabella:

Z (m)	tp (msec)	ts (msec)	tpc (msec)	tsc (msec)	Vp (m/s)	Vs (ms)
2	2,08	11,89	4,21	7,20	474,64	277,97
4	3,12	17,46	6,37	10,98	928,41	528,61
6	4,16	21,17	8,99	15,76	761,60	418,28
8	5,00	33,28	11,07	20,96	963,73	384,48
10	5,90	37,00	12,63	24,62	1285,48	546,84
12	7,28	40,12	13,54	30,17	2182,45	360,09
14	8,84	49,04	14,75	32,77	1660,97	769,59
16	10,34	55,72	15,79	34,99	1923,45	901,70
18	11,44	60,18	16,37	37,37	3448,55	839,51
20	12,27	63,16	17,15	38,97	2546,79	1254,78
22	14,50	73,92	18,17	42,11	1971,18	635,57
24	16,02	78,75	19,90	45,06	1154,86	679,77
26	17,21	85,00	21,13	47,20	1621,66	933,89
28	18,22	90,01	22,05	48,88	2164,38	1189,01
30	19,71	95,98	22,86	50,52	2486,28	1219,48
$V_{s30} = 588 \text{ m/s}$ categoria dei suoli B					$\Sigma h_i/V_{si}$	0,051021

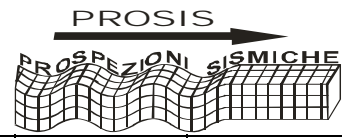
tp: tempo primi arrivi onde P; ts: tempo primi arrivi onde S; tpc: tempo onde P corretto; tsc: tempo onde S corretto; Vp: velocità onde P; Vs: velocità onde S.

PROVA DOWN HOLE DH5

Dalla prova DH5 emerge un andamento irregolare della velocità delle onde S e P. Dalla stratigrafia del sondaggio si può evince che il sito è caratterizzato da un'alternanza di sabbie, limi e argille senza che vi siano dei cambi litologici netti. L'andamento delle velocità rispecchia questo andamento stratigrafico; infatti, le velocità variano in modo sostanziale in più punti ai passaggi tra le diverse litologie. In corrispondenza dei livelli a granulometria più grossolane le velocità risultano maggiori. In particolare, fino a 10 m di profondità le velocità aumentano gradualmente, mentre al di sotto di tale profondità si ha una brusca diminuzione, che è dovuta al passaggio da sabbie (sopra) a limi argillosi (sotto). In corrispondenza del cambio stratigrafico tra i limi argillosi e le sottostanti argille grigio azzurre, a circa 15 m, le velocità delle onde P aumentano sensibilmente per poi diminuire in corrispondenza del passaggio, a circa 15 m, dalle argille grigio-azzurre e i sottostanti limi sabbiosi. In generale le variabilità delle velocità è più marcata per le onde P, mentre le onde S presentano variazioni relative meno evidenti.

La prova può essere riassunta nella seguente tabella:

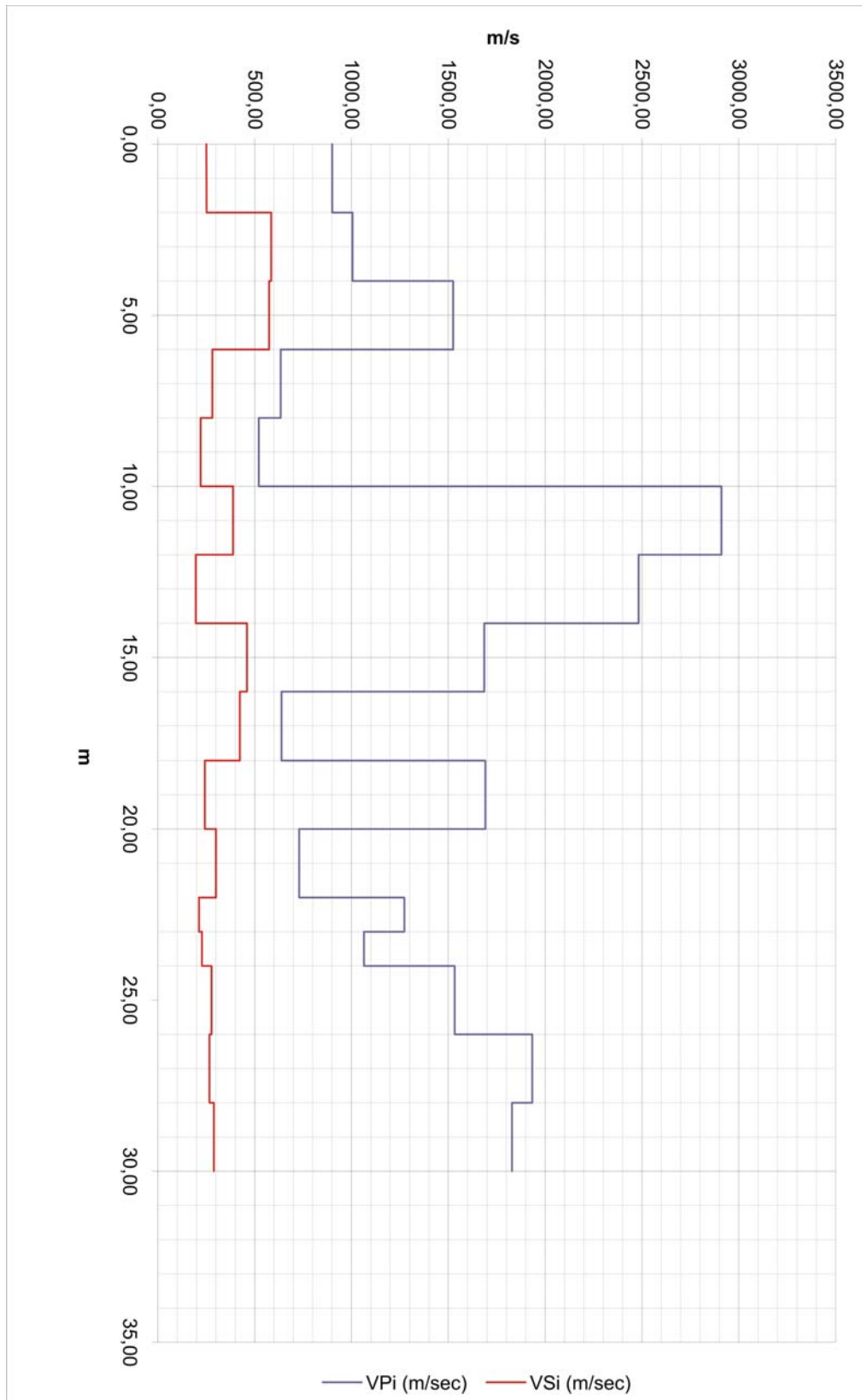
Z (m)	tp (msec)	ts (msec)	tpc (msec)	tsc (msec)	Vp (m/s)	Vs (ms)
2	5,00	9,00	4,00	7,20	500,00	277,78
4	8,40	14,52	7,87	13,60	517,44	312,72
6	10,17	20,74	9,87	20,12	998,44	306,68
8	11,35	25,04	11,16	24,61	1552,44	445,11
10	12,09	28,17	11,95	27,86	2516,63	615,91
12	14,20	32,08	14,09	31,83	934,56	503,03
14	16,37	35,99	16,28	35,79	914,29	505,57
16	19,41	41,09	19,33	40,91	656,51	390,51
18	20,24	45,38	20,17	45,23	2361,78	463,43
20	21,11	48,91	21,05	48,77	2278,42	564,69
22	22,30	55,82	22,25	55,69	1668,80	289,03
24	23,76	67,68	23,72	67,55	1362,05	168,57
26	24,77	76,29	24,72	76,16	1985,77	232,23
28	26,21	87,25	26,18	87,12	1377,81	182,54



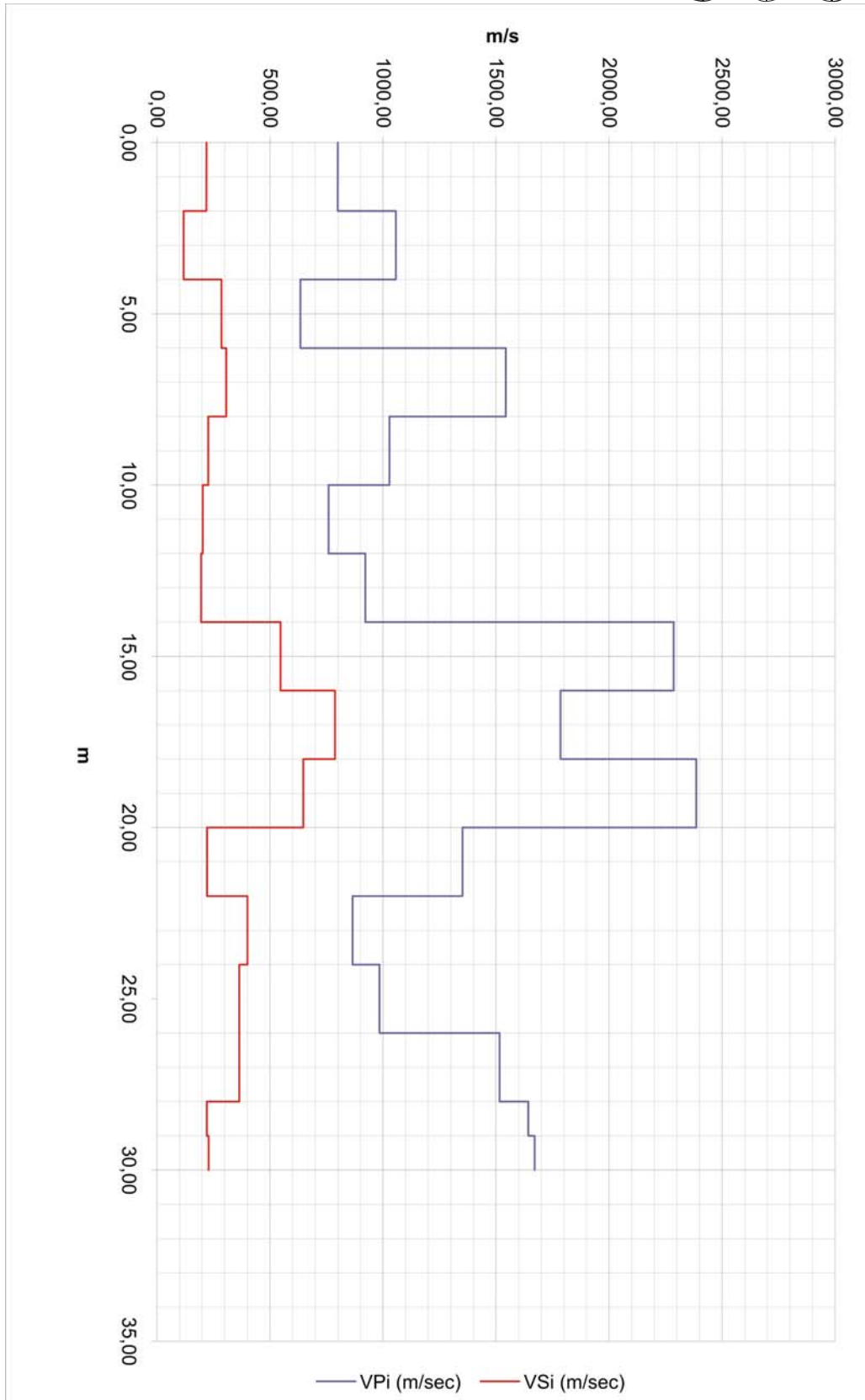
30	28,63	93,51	28,59	93,39	827,19	319,12
$V_{s30} = 313 \text{ m/s}$ categoria dei suoli C					$\Sigma h_i/V_{si}$	0,095733

tp: tempo primi arrivi onde P; ts: tempo primi arrivi onde S; tpc: tempo onde P corretto; tsc: tempo onde S corretto; Vp: velocità onde P; Vs: velocità onde S.

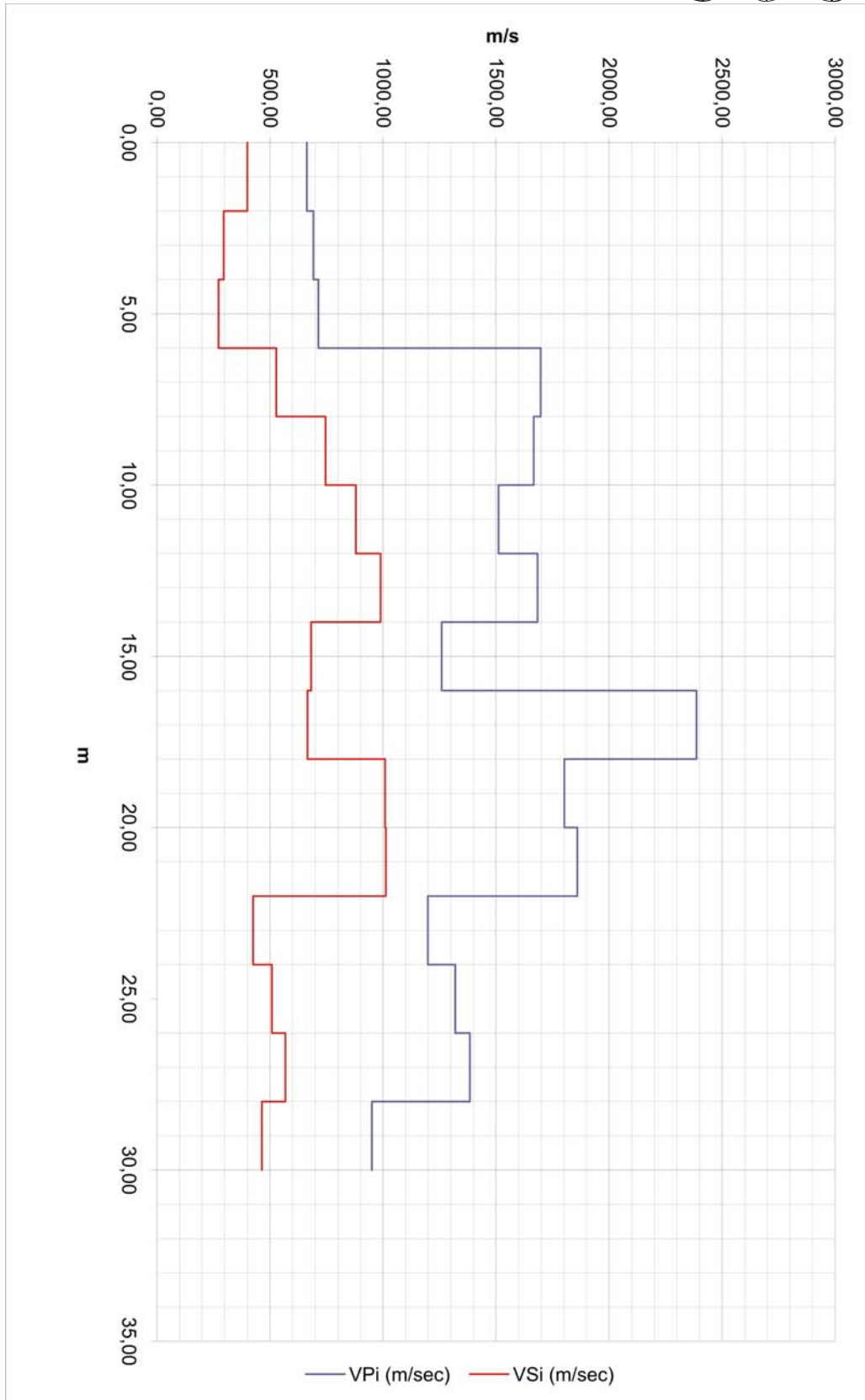
7.3.1. ELABORATI DELL'INDAGINE DOWN HOLE



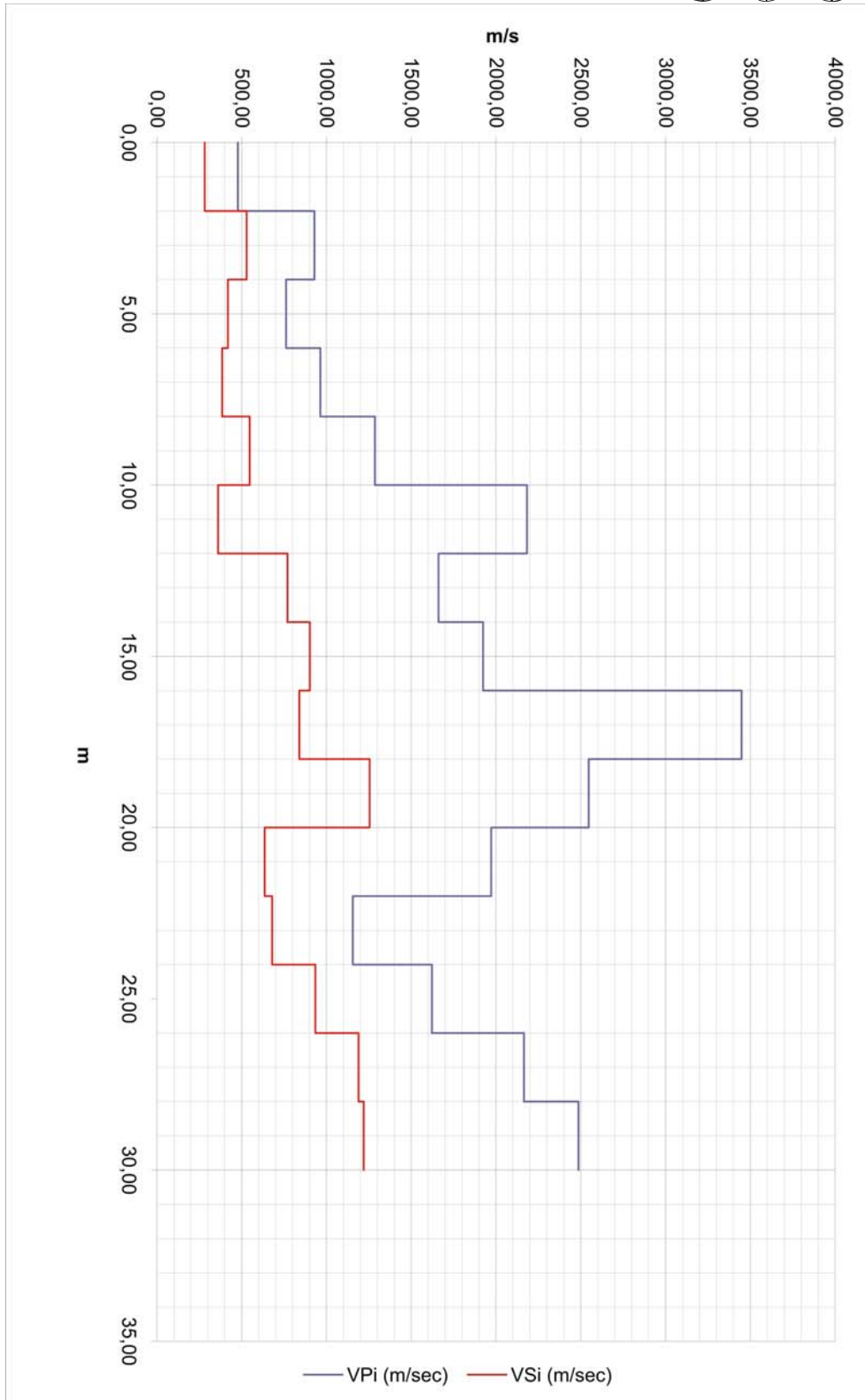
Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità, down hole DH1.



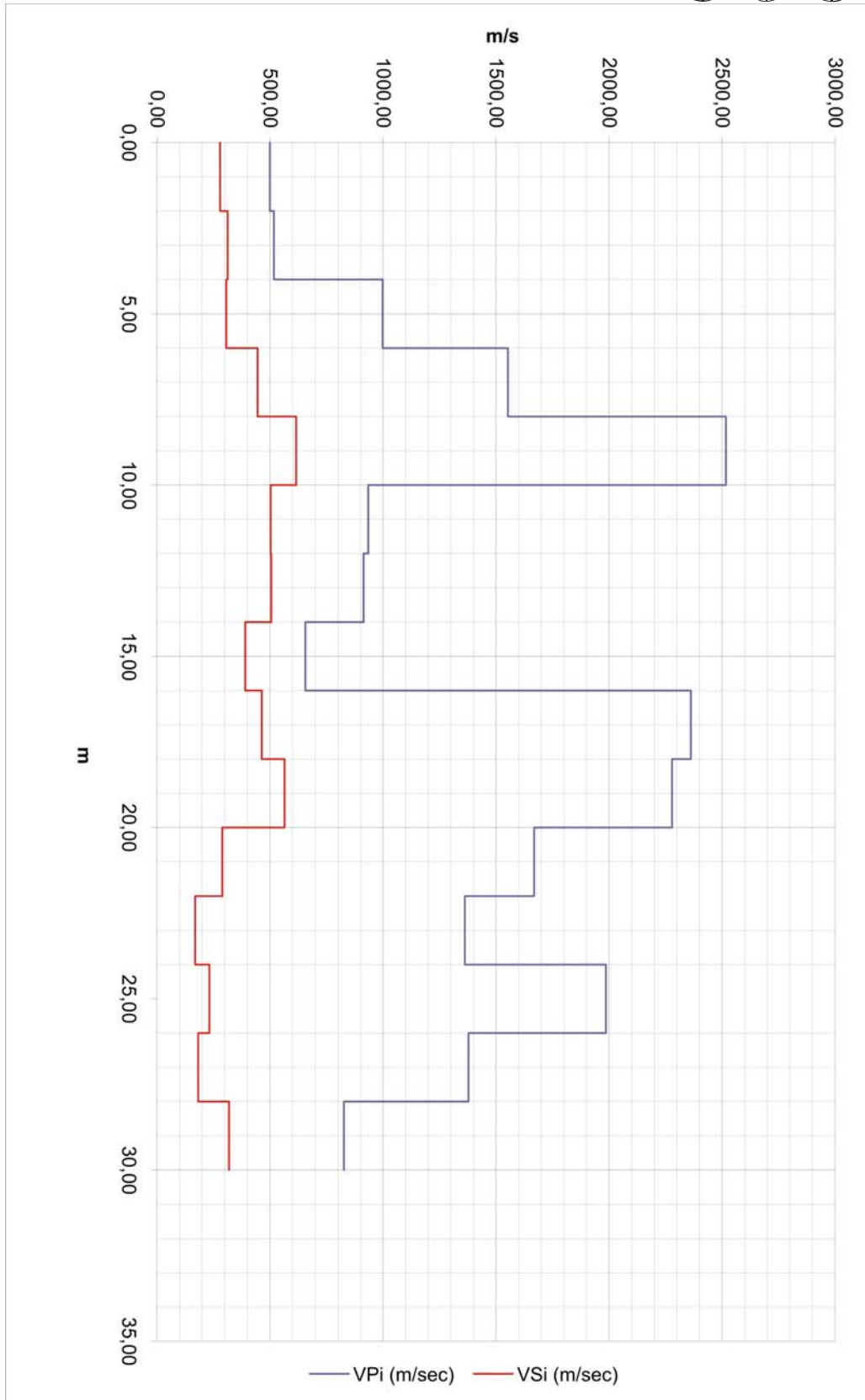
Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità, down hole DH2.



Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità, down hole DH3.



Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità, down hole DH4.



Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità, down hole DH5.

7.3.2. MODULI ELASTICI DINAMICI

Considerando i valori delle velocità delle onde sismiche P ed S, ricavati dalle prove down hole, è stato possibile ricavare alcuni moduli elastici dinamici per i differenti sismostrati. I valori dei moduli elastici sono stati ricavati applicando formule riportate in letteratura (p.e. Corrao & Coco, 2009) e tabellate:

Down hole DH1

Z (m)	V _p m/s	V _s m/s	v	E kg/cm ²	G kg/cm ²	K kg/cm ²
2	899,28	252,83	0,46	3,5E+03	1,2E+03	1,4E+04
4	1005,29	585,26	0,24	1,6E+04	6,6E+03	1,1E+04
6	1524,99	574,62	0,42	1,9E+04	6,9E+03	3,9E+04
8	634,35	281,30	0,38	3,8E+03	1,4E+03	5,2E+03
10	521,62	221,37	0,39	2,3E+03	8,3E+02	3,5E+03
12	2910,12	388,25	0,49	1,1E+04	3,5E+03	1,9E+05
14	2482,73	196,31	0,50	2,6E+03	8,8E+02	1,4E+05
16	1685,57	460,10	0,46	1,3E+04	4,5E+03	5,4E+04
18	638,35	423,27	0,20	7,0E+03	3,2E+03	3,0E+03
20	1691,00	243,03	0,49	3,7E+03	1,3E+03	5,9E+04
22	729,63	300,01	0,40	4,5E+03	1,6E+03	7,4E+03
24	1064,79	227,92	0,48	3,0E+03	1,0E+03	2,1E+04
26	1532,87	277,36	0,48	4,7E+03	1,6E+03	4,7E+04
28	1933,67	266,35	0,49	4,6E+03	1,5E+03	7,9E+04
30	1829,00	289,49	0,49	5,4E+03	1,8E+03	7,0E+04

Legenda: V_p (velocità onde sismiche p); V_s (velocità onde sismiche S); v (modulo di Poisson); E (modulo di Young dinamico); G (modulo di taglio); K (modulo di incompressibilità); R (rigidità sismica, espressa in $\frac{t \cdot km}{m^2 \cdot s}$)

Down hole DH2

Z (m)	Vp m/s	Vs m/s	v	E kg/cm ²	G kg/cm ²	K kg/cm ²
2	798,72	220,34	0,46	2,6E+03	8,9E+02	1,1E+04
4	1057,05	118,12	0,49	8,1E+02	2,7E+02	2,1E+04
6	634,59	285,21	0,37	3,9E+03	1,4E+03	5,2E+03
8	1543,00	306,65	0,48	5,8E+03	2,0E+03	4,7E+04
10	1028,58	226,76	0,47	2,9E+03	9,9E+02	1,9E+04
12	758,95	202,68	0,46	2,2E+03	7,5E+02	9,5E+03
14	921,57	195,42	0,48	2,1E+03	7,2E+02	1,5E+04
16	2285,62	547,10	0,47	2,0E+04	6,7E+03	1,1E+05
18	1785,32	787,57	0,38	3,7E+04	1,3E+04	5,1E+04
20	2386,03	647,16	0,46	2,8E+04	9,5E+03	1,2E+05
22	1351,77	221,81	0,49	3,0E+03	1,0E+03	3,6E+04
24	865,10	400,53	0,36	8,2E+03	3,0E+03	1,0E+04
26	984,72	364,01	0,42	7,2E+03	2,5E+03	1,5E+04
28	1515,54	364,21	0,47	8,1E+03	2,8E+03	4,4E+04
30	1670,72	228,26	0,49	3,3E+03	1,0E+03	5,8E+04

Legenda: Vp (velocità onde sismiche p); Vs (velocità onde sismiche S); v (modulo di Poisson); E (modulo di Young dinamico); G (modulo di taglio); K (modulo di incompressibilità); R (rigidità sismica, espressa in $\frac{t \cdot km}{m^2 \cdot s}$)

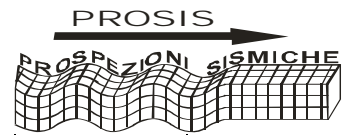
Down hole DH3

Z (m)	Vp m/s	Vs m/s	ν	E kg/cm ²	G kg/cm ²	K kg/cm ²
2	662,25	400,41	0,21	6,9E+03	2,8E+03	4,0E+03
4	691,79	295,03	0,39	4,3E+03	1,6E+03	6,5E+03
6	714,20	272,57	0,41	3,8E+03	1,3E+03	7,4E+03
8	1697,32	527,71	0,45	1,7E+04	5,9E+03	5,3E+04
10	1666,64	745,61	0,37	3,2E+04	1,2E+04	4,3E+04
12	1511,31	879,70	0,24	4,0E+04	1,6E+04	2,6E+04
14	1683,62	989,26	0,24	5,1E+04	2,1E+04	3,2E+04
16	1259,34	681,90	0,29	2,4E+04	9,3E+03	1,9E+04
18	2386,97	665,92	0,46	2,9E+04	1,0E+04	1,2E+05
20	1802,33	1009,15	0,27	5,6E+04	2,2E+04	4,1E+04
22	1859,76	1012,21	0,29	5,7E+04	2,2E+04	4,5E+04
24	1198,31	425,26	0,43	1,0E+04	3,6E+03	2,4E+04
26	1319,59	508,77	0,41	1,5E+04	5,2E+03	2,8E+04
28	1384,02	568,23	0,40	1,8E+04	6,6E+03	3,0E+04
30	950,89	464,03	0,34	1,1E+04	4,1E+03	1,2E+04

Legenda: Vp (velocità onde sismiche p); Vs (velocità onde sismiche S); ν (modulo di Poisson); E (modulo di Young dinamico); G (modulo di taglio); K (modulo di incompressibilità); R (rigidità sismica, espressa in $\frac{t \cdot km}{m^2 \cdot s}$)

Down hole DH4

Z (m)	Vp m/s	Vs m/s	ν	E kg/cm ²	G kg/cm ²	K kg/cm ²
2	474,64	277,97	0,24	3,2E+03	1,3E+03	2,0E+03
4	928,41	528,61	0,26	1,3E+04	5,3E+03	9,3E+03
6	761,60	418,28	0,28	8,2E+03	3,2E+03	6,3E+03
8	963,73	384,48	0,41	7,9E+03	2,8E+03	1,4E+04
10	1285,48	546,84	0,39	1,7E+04	6,0E+03	2,5E+04
12	2182,45	360,09	0,49	8,6E+03	2,9E+03	1,0E+05
14	1660,97	769,59	0,36	3,4E+04	1,3E+04	4,2E+04
16	1923,45	901,70	0,36	4,8E+04	1,8E+04	5,7E+04



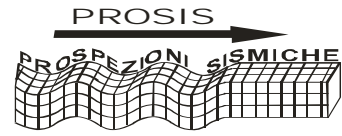
18	3448,55	839,51	0,47	5,0E+04	1,7E+04	2,7E+05
20	2546,79	1254,78	0,34	9,7E+04	3,6E+04	1,0E+05
22	1971,18	635,57	0,44	2,5E+04	8,8E+03	7,3E+04
24	1154,86	679,77	0,23	2,2E+04	9,1E+03	1,4E+04
26	1621,66	933,89	0,25	4,6E+04	1,8E+04	3,1E+04
28	2164,38	1189,01	0,28	8,1E+04	3,1E+04	6,2E+04
30	2486,28	1219,48	0,34	9,1E+04	3,4E+04	9,6E+04

Legenda: Vp (velocità onde sismiche p); Vs (velocità onde sismiche S); v (modulo di Poisson); E (modulo di Young dinamico); G (modulo di taglio); K (modulo di incompressibilità); R (rigidità sismica, espressa in $\frac{t \cdot km}{m^2 \cdot s}$)

Down hole DH5

Z (m)	Vp m/s	Vs m/s	v	E kg/cm ²	G kg/cm ²	K kg/cm ²
2	500,00	277,78	0,28	3,3E+03	1,3E+03	2,5E+03
4	517,44	312,72	0,21	4,0E+03	1,7E+03	2,3E+03
6	998,44	306,68	0,45	5,2E+03	1,8E+03	1,7E+04
8	1552,44	445,11	0,46	1,2E+04	4,1E+03	4,5E+04
10	2516,63	615,91	0,47	2,5E+04	8,7E+03	1,3E+05
12	934,56	503,03	0,30	1,2E+04	4,8E+03	1,0E+04
14	914,29	505,57	0,28	1,2E+04	4,8E+03	9,3E+03
16	656,51	390,51	0,23	6,6E+03	2,7E+03	4,0E+03
18	2361,78	463,43	0,48	1,4E+04	4,8E+03	1,2E+05
20	2278,42	564,69	0,47	2,1E+04	7,2E+03	1,1E+05
22	1668,80	289,03	0,48	5,2E+03	1,8E+03	5,7E+04
24	1362,05	168,57	0,49	1,7E+03	5,8E+02	3,7E+04
26	1985,77	232,23	0,49	3,5E+03	1,2E+03	8,5E+04
28	1377,81	182,54	0,49	2,0E+03	6,8E+02	3,8E+04
30	827,19	319,12	0,41	5,3E+03	1,9E+03	1,0E+04

Legenda: Vp (velocità onde sismiche p); Vs (velocità onde sismiche S); v (modulo di Poisson); E (modulo di Young dinamico); G (modulo di taglio); K (modulo di incompressibilità); R (rigidità sismica, espressa in $\frac{t \cdot km}{m^2 \cdot s}$)



Potenza, 16/05/2011

Dott. Geologo
Claudio MARTINO

Dott. Geologo
Francesco ROMANIELLO

